

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner
 US Department of Commerce
 United States Patent and Trademark
 Office, PCT
 2011 South Clark Place Room
 CP2/5C24
 Arlington, VA 22202
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 14 November 2000 (14.11.00)	
International application No. PCT/IL00/00215	Applicant's or agent's file reference 123459.0 DAB
International filing date (day/month/year) 11 April 2000 (11.04.00)	Priority date (day/month/year) 19 April 1999 (19.04.99)
Applicant VASILIEV, Vladislav et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

10 October 2000 (10.10.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer F. Baechler Telephone No.: (41-22) 338.83.38
--	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Copy for the Elected Office (EO/US)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT/JP00/0694

PCT

NOTIFICATION OF THE RECORDING OF A CHANGE

(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

MIYOSHI, Hidekazu
9th Floor, Toranomon Daiichi
Building
2-3, Toranomon 1-chome
Minato-ku, Tokyo 105-0001
JAPON

Date of mailing (day/month/year) 10 April 2002 (10.04.02)
Applicant's or agent's file reference JKAO-1-PCT
International application No. PCT/JP00/06949

IMPORTANT NOTIFICATION
International filing date (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)

1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant ☒ the inventor ☐ the agent ☐ the common representative

Name and Address KIMURA, Takeshi c/o Tohichi Research Laboratories, Kao Corporation 2606, Akabane, Ichikai-machi Haga-gun, Tochigi 321-3426 Japan	State of Nationality JP	State of Residence JP
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☐ the person ☒ the name ☐ the address ☐ the nationality ☐ the residence

Name and Address KIMURA, Tsuyoshi c/o Tohichi Research Laboratories, Kao Corporation 2606, Akabane, Ichikai-machi Haga-gun, Tochigi 321-3426 Japan	State of Nationality JP	State of Residence JP
	Telephone No.	
	Facsimile No.	
	Teleprinter No.	

3. Further observations, if necessary:

4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office ☐ the designated Offices concerned
☐ the International Searching Authority ☒ the elected Offices concerned
☐ the International Preliminary Examining Authority ☐ other:

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer Akiko KOYAMA Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

4T
Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference JKAO-1-PCT	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP00/06949	International filing date (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)	Priority date (day/month/year) 15 October 1999 (15.10.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC A61B 5/053		
Applicant KAO CORPORATION		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.
<input type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).
These annexes consist of a total of _____ sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:
I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report
II <input type="checkbox"/> Priority
III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention
V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited
VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application
VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 10 April 2001 (10.04.01)	Date of completion of this report 14 September 2001 (14.09.2001)
Name and mailing address of the IPEA/JP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/06949

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

☒ the international application as originally filed☐ the description:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

☐ the claims:

pages _____, as originally filed

pages _____, as amended (together with any statement under Article 19

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

☐ the drawings:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

☐ the sequence listing part of the description:

pages _____, as originally filed

pages _____, filed with the demand

pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

☐ contained in the international application in written form.☐ filed together with the international application in computer readable form.☐ furnished subsequently to this Authority in written form.☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:☐ the description, pages _____☐ the claims, Nos. _____☐ the drawings, sheets/fig _____5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP00/06949

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-32	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-32	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-32	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Claims 1-32

The subject matters of claims 1-32 appear to involve an inventive step in view of the documents cited in the ISR.

None of the documents cited in the ISR describes or suggests the particular constitution for determining the amount of subcutaneous fat and the amount of visceral fat such as the sectional area of the visceral fat existing inside the human body, as the subject matters of claims 1-32.

THIS PAGE BLANK (USP 14)

国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 J K A O - 1 - P C T	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220)及び下記5を参照すること。		
国際出願番号 PCT/J P 0 0 / 0 6 9 4 9	国際出願日 (日.月.年) 0 5 . 1 0 . 0 0	優先日 (日.月.年) 1 5 . 1 0 . 9 9	
出願人(氏名又は名称) 花王株式会社			

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。

THIS PAGE BLANK (USTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B5/05

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B5/05

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P, 11-113870, A (松下電器産業株式会社) 27. 4月. 1999 (27. 04. 99) (ファミリーなし)	1-32
A	J P, 11-123182, A (大和製衡株式会社) 11. 5月. 1999 (11. 05. 99) (ファミリーなし)	1-32
P, A	J P, 11-309123, A (オムロン株式会社) 9. 11月. 1999 (09. 11. 99) (ファミリーなし)	1-32

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 12. 00

国際調査報告の発送日

19.12.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中根 利明

2W

9021

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)
[PCT36条及びPCT規則70]

REC'D 28 SEP 2001

WIPO PCT

出願人又は代理人 の書類記号 J K A O - 1 - P C T	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知(様式PCT/ I P E A / 4 1 6)を参照すること。	
国際出願番号 P C T / J P 0 0 / 0 6 9 4 9	国際出願日 (日.月.年) 0 5 . 1 0 . 0 0	優先日 (日.月.年) 1 5 . 1 0 . 9 9
国際特許分類 (IPC) I n t . C l ' A 6 1 B 5 / 0 5 3		
出願人 (氏名又は名称) 花王株式会社		

- 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条 (PCT36条) の規定に従い送付する。
- この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
☐ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)
この附属書類は、全部で ページである。
- この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
 - ☒ 国際予備審査報告の基礎
 - ☐ 優先権
 - ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
 - ☐ 発明の単一性の欠如
 - ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
 - ☐ ある種の引用文献
 - ☐ 国際出願の不備
 - ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 1 0 . 0 4 . 0 1	国際予備審査報告を作成した日 1 4 . 0 9 . 0 1	
名称及びあて先 日本国特許庁 (I P E A / J P) 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号	特許庁審査官 (権限のある職員) 中 楨 利 明 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 9 2	2 W 9 0 2 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT14条)の規定に基づく命令に応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。
PCT規則70.16, 70.17)

☒ 出願時の国際出願書類

- | | | | |
|-------------------------------------|---------|--------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> 明細書 | 第 _____ | ページ、 | 出願時に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 明細書 | 第 _____ | ページ、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 明細書 | 第 _____ | ページ、 | _____ 付の書簡と共に提出されたもの |
| | | | |
| <input type="checkbox"/> 請求の範囲 | 第 _____ | 項、 | 出願時に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 請求の範囲 | 第 _____ | 項、 | PCT19条の規定に基づき補正されたもの |
| <input type="checkbox"/> 請求の範囲 | 第 _____ | 項、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 請求の範囲 | 第 _____ | 項、 | _____ 付の書簡と共に提出されたもの |
| | | | |
| <input type="checkbox"/> 図面 | 第 _____ | ページ/図、 | 出願時に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 図面 | 第 _____ | ページ/図、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 図面 | 第 _____ | ページ/図、 | _____ 付の書簡と共に提出されたもの |
| | | | |
| <input type="checkbox"/> 明細書の配列表の部分 | 第 _____ | ページ、 | 出願時に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 明細書の配列表の部分 | 第 _____ | ページ、 | 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの |
| <input type="checkbox"/> 明細書の配列表の部分 | 第 _____ | ページ、 | _____ 付の書簡と共に提出されたもの |

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である _____ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

- ☐ 明細書 第 _____ ページ
☐ 請求の範囲 第 _____ 項
☐ 図面 図面の第 _____ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならない、本報告に添付する。)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条(PCT35条(2))に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性(N)

請求の範囲

1-32

有

請求の範囲

無

進歩性(IS)

請求の範囲

1-32

有

請求の範囲

無

産業上の利用可能性(IA)

請求の範囲

1-32

有

請求の範囲

無

2. 文献及び説明(PCT規則70.7)

請求の範囲 1-32

請求の範囲1-32に記載された発明は、国際調査報告で引用された文献に対して進歩性を有する。

請求の範囲1-32に記載された発明の、皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定するための具体的な構成は、国際調査報告で引用された何れの文献にも記載も示唆もされていない。

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2001年4月19日 (19.04.2001)

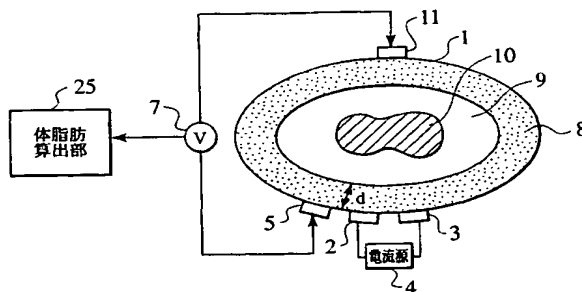
PCT

(10) 国際公開番号
WO 01/26546 A1

- (51) 国際特許分類⁷: A61B 5/05 (ONDA, Tomohiro) [JP/JP]. 榎 和男 (MAKI, Kazuo) [JP/JP]. 山口 亨 (YAMAGUCHI, Toru) [JP/JP]. 片嶋 充弘 (KATASHIMA, Mitsuhiro) [JP/JP]. 木村 毅 (KIMURA, Takeshi) [JP/JP]; 〒321-3426 栃木県芳賀郡市貝町赤羽2606番地 花王株式会社 栃木研究所内 Tochigi (JP). 福原正樹 (FUKUHARA, Masaki) [JP/JP]; 〒131-8501 東京都墨田区文花2丁目1番地3 花王株式会社 東京研究所内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP00/06949
- (22) 国際出願日: 2000年10月5日 (05.10.2000)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願平 11/294431
1999年10月15日 (15.10.1999) JP
特願2000/1917 2000年1月7日 (07.01.2000) JP
特願2000/1921 2000年1月7日 (07.01.2000) JP
- (74) 代理人: 三好秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第1ビル9階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (DE, FR, GB).
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 花王株式会社 (KAO CORPORATION) [JP/JP]; 〒103-8210 東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 恩田智彦
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: BODY FAT MEASUREMENT METHOD AND DEVICE THEREFOR;

(54) 発明の名称: 体脂肪測定方法及びその装置



25...BODY FAT CALCULATING UNIT
4...CURRENT SOURCE

(57) Abstract: Two current electrodes (2, 3) are provided on a human body (1) at an interval short enough compared to the peripheral length of the human body (1). A current is applied between the electrodes (2, 3) from a current source (4). The voltage produced between a measurement electrode (5) disposed near one of the current electrodes (2, 3) and a measurement electrode (11) generally opposed to the current electrodes (2, 3) with the human body (1) interposed between them is measured by means of a voltmeter (7). A body fat calculating unit (25) calculates the amount of subcutaneous fat (8) of the human body (1) from a first voltage measured by the voltmeter (7).

WO 01/26546 A1

/続葉有/



(57) 要約:

人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 を用いて電流を流し、二つの電流用電極 2、3 の一方の電極の近傍に配置した測定用電極 5 及び人体 1 を挟んで二つの電流用電極 2、3 と略対向する位置に配置した測定用電極 1 1 の間に発生する電圧を電圧計 7 により測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧に基づき人体 1 の皮下脂肪 8 の量を算出する。

明 細 書

体 脂 肪 測 定 方 法 及 び そ の 装 置

技 術 分 野

この発明は、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪、及び人体の内部に存在する内臓脂肪を簡便且つ高精度で測定する体脂肪測定方法及びその装置に関する。

背 景 技 術

媒体の電気インピーダンスの違いを利用して、三次元物体中の媒体の空間分布を導出する方法として、測定対象の物体に電流を印加し、物体の表面上に誘起した電位分布から物体の内部のインピーダンス分布を画像化するインピーダンスCT法が知られている。この技術は、生体中の血液、肺、脂肪等の分布の測定に応用されつつある（日本ME学会BME Vol.8, No.8(1994)p.49）。

インピーダンスCT法の外、電気インピーダンスの測定によって皮下脂肪量並びに内臓脂肪量を測定する装置として、日本特開平11-113870号公報に記載された体脂肪測定装置（第1従来技術）や日本特開平11-123182号公報に記載された体内脂肪計（第2従来技術）がある。第1従来技術に記載の体脂肪測定装置は、複数の電極を体表面に装着し、電極間のインピーダンスを計測し電極装着部位断面のインピーダンス行列を生成し、演算手段が入力手段からの装着部位情報に応じ

た係数行列との積を求めて対象断面の体脂肪分布を算出している。また、第2従来技術に記載の体内脂肪計は、被験者の腹部の周囲に巻き付けた巻帯の内側に略等間隔でそれぞれ電流路形成電極及び計測用電極を有する電極対を設け、選択した2つの電極対の電流路形成電極間に交流を流して電流路を形成し、計測用電極は、形成された電流路におけるインピーダンスを計測する。2つの電極対を適宜選択することで、隣接する電極対間では主として測定部位の皮下脂肪を計測し、対向する電極間では主として測定部位の内臓脂肪を計測している。

発明が解決しようとする課題

インピーダンスCT法を体脂肪測定に応用した装置では、体内の脂肪分布を推定する空間分解能が十分でないため、体脂肪量の定量的算出が難しく、しかも、その算出に大規模な数値計算が必要であった。

第1従来技術の体脂肪測定装置は、装着部位に応じた係数行列の具体的生成方法及びインピーダンス行列と係数行列との積から対象断面の体脂肪分布画像を生成する具体的方法に関する記載が無い。

第2従来技術の体内脂肪計は、測定部位の皮下脂肪量を測定できるが、測定量には、人体の内部に存在する他の媒体の量や分布の影響が含まれ、精度が不十分であった。また、人体内部の内臓脂肪を測定しようとしても、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の影響が非常に大きく測定が困難であった。

本発明は、簡便且つ高精度に、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚み、断面積等の皮下脂肪量や人体の内部に存在する内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量を測定することができる体脂肪測定法及びその装置を提供することを課題とする。

発明の開示

本発明の体脂肪測定方法は、被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第1測定用電極及び被測定体を挟んで二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第2測定用電極の間に発生する第1電圧を測定するステップと、第1電圧に基づき被測定体の皮下脂肪量を算出するステップとを含む。

また、本発明は、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、被測定体の外周上で二つの電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定するステップと、該空間変化率に基づき被測定体の内臓脂肪量を算出するステップとを含む。

また、本発明は、被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する電圧を測定するステップと、電圧に、被測定体の大きさを反映する特

性量のべき乗を乗じた値を用いて、被測定体の皮下脂肪量と内臓脂肪量の和を算出するステップとを含む。

なお、本発明では、被測定体の内部に存在する脂肪量のことを便宜上総称して内臓脂肪量と呼び、それは内臓周囲に付着した本来の内臓脂肪量の他、肝脂肪など体内に存在する脂肪一般の量をさすものとする。

図面の簡単な説明

図 1 は第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図である。図 2 は電流用電極間に電流を流したときの人体外周の電位分布を示す図である。図 3 は皮下脂肪の厚みと電圧との相関を示す図である。図 4 は電極間距離に対する皮下脂肪の厚みと電圧との関係を示す図である。図 5 は第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例の他の一例を示す主要構成図である。図 6 は第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す主要構成図である。図 7 A 及び図 7 B は第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す構成図である。図 8 は第 1 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 4 実施例を示す構成図である。図 9 は人体の皮下脂肪の断面像の算出を示す図である。図 10 は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図である。図 11 は図 10 に示す第 1 実施例の他の一例を示す構成図である。図 12 は図 10 に示す第 1 実施例の他の一例を示す構成図である。図 13 は電流用電極間に電流を流したときの人体外周の電位分布を示す図である。図 14 は内臓脂肪

量と電位の空間変化率との相関を示す図である。図 1 5 は人体の大きさを反映する特性量の一例として人体の縦幅と横幅を示す図である。図 1 6 は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す構成図である。図 1 7 は人体の表面上の一点から各測定用電極の中心点までの距離で表した各測定用電極の位置を示す図である。図 1 8 は規格化距離と電位の空間変化率との相関を示す図である。図 1 9 は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 3 実施例を示す構成図である。図 2 0 は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 4 実施例を示す構成図である。図 2 1 A 及び図 2 1 B は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 5 実施例を示す構成図である。図 2 2 A 及び図 2 2 B は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 6 実施例を示す主要構成図である。図 2 3 A 及び図 2 3 B は第 2 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 6 実施例の他の一例を示す主要構成図である。図 2 4 は第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例を示す構成図である。図 2 5 は第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例の他の一例を示す構成図である。図 2 6 は第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 1 実施例の他の一例を示す構成図である。図 2 7 は第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 2 実施例を示す構成図である。図 2 8 は第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置の第 5 実施例を示す主要構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施形態を、添付された図面を参照して詳細に説明する。

(第1の実施の形態)

第1の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置では、人体の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪の厚み、面積、体積、重量等の皮下脂肪量を測定する。

図1に示す第1の実施の形態の第1実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体1の例えば腹部の外周上に、該人体1の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極2、3と、二つの電流用電極2、3間に電流を流すための電流源4と、電極2の近傍に配置した第1測定用電極5と、人体1を挟んで電流用電極2、3と略反対側の位置に配置した第2測定用電極11と、測定用電極5-11間に発生した電圧を測定する電圧計7と、電圧計7で測定された電圧値に基づき人体1の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪8の厚みを算出する体脂肪算出部25とを備える。人体1は、被測定媒体である皮下脂肪8、皮下脂肪8とはインピーダンスが異なる筋肉等の非脂肪9、非脂肪9とはインピーダンスが異なる内臓脂肪10からなる。体脂肪算出部25は、コンピュータで構成する。

次に、本装置を用いた体脂肪測定方法を説明する。まず、電流源4は、人体1の外周上に、該人体1の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した電極2-3間に電流を流す。電圧計7は、電極2近傍に配置した第1測定

用電極 5 及び人体 1 を挟んで電流用電極 2, 3 と略反対側の位置に配置した第 2 測定用電極 1 1 の間に発生した電圧を測定する。体脂肪算出部 2 5 は、測定された電圧値に基づいて人体 1 の表面近傍に層状に存在する皮下脂肪 8 の厚みを算出する。

ここで、電極 2 から電極 3 に電流が流れているときの、人体 1 の外周に誘起される電位分布（の瞬時値）の概略を図 2 に示す。電極 1 1 近傍では、電位の空間変化率は小さくなるため、電極 1 1 の位置が多少ずれても、電圧計 7 で測定される電圧値 V の変動は少ない。しかも、電圧値 V は人体 1 の内部に存在する非脂肪 9, 内臓脂肪 1 0 の量や分布にほとんど影響されないのので、電極 2, 3, 5 近傍における皮下脂肪 8 の厚みを簡便且つ高精度で測定できる。典型的には、電圧値 V は電流電極 2 と第 1 測定用電極 5 の略中間の位置の皮下脂肪 8 の厚み d を反映する。

なお、電流源 4 は直流電源、交流電源の何れでも良い。電流源 4 が交流電源である場合、電圧計 7 での電圧値（電圧の振幅あるいは実効値）の測定の際に位相遅れを同時に測定してもよく、その場合、測定した位相遅れをデータ解析に利用できる。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、周波数は、通常 $10\text{ kHz} \sim 500\text{ kHz}$ を用いることができ、特に $50\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$ を用いるのが好ましい。また、この時の電流値は通常 $0.3\text{ mA} \sim 3\text{ mA}$ を用いること

ができる。

皮下脂肪 8 の電極 2, 3, 5 近傍での厚み d を算出するために、電圧値 V (あるいは複素電圧) と皮下脂肪 8 の厚み d とを関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが、厚み d の異なる複数のサンプルを用意し、それらに対して図 1 の方法で測定した電圧値 V と、実際の厚み d の相関式を作成する。電圧 V の測定では、全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し得られた電圧値を同一の電流量を流した時に発生する電圧値に換算する。また、実際の厚み d を測定する方法には、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から皮下脂肪の厚みを求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその切断面から直接厚みを測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いてもよい。あるいは、電気伝導の方程式をコンピュータで解いて、数値計算によって電圧値 V (あるいは複素電圧) と皮下脂肪 8 の厚み d との相関式を求めることもできる。なお、相関式は、人体 1 の表面の曲率や皮下脂肪 8 と非脂肪 9 との界面の形成具合などに依存するため、一般的に、皮下脂肪 8 の厚みを測る部位 (へそ周囲、脇腹、背中など) ごとに異なっている。それゆえ、人体 1 上の複数の点で皮下脂肪の厚みを測るときは、各部位ごとに相関式を作ることが好ましい。

皮下脂肪 8 の厚み d の表示法としては、皮下脂肪 8 の厚みの絶対値の他、人体 1 の外周長 U など人体 1 の断面のさしわたしを反映する長さに対する比（相対値）などから、最適なものを適宜選択できる。

電圧値 V と皮下脂肪 8 の厚み d の相関の例を図 3 に示す。図中の \times 点は相関式作成用に用意されたサンプルのデータ点であり、破線はデータ点を最適フィッティングした相関式である。皮下脂肪の厚み d が厚くなると、電圧値 V は皮下脂肪 8 のインピーダンスを反映する値 V_8 に収束し、厚み d が薄くなると、電圧値 V は非脂肪 9 のインピーダンスを反映する値 V_9 に収束する。この相関を解析的な関数で近似的に表すには、ハイパーボリックタンジェント関数 ($y = \tanh x$) を用いると良い。あるいは、厚み d と電圧値 V との間の相関式を多変量解析の手法によって電圧値 V の線形多項式で近似して表すこともできる。厚み d が皮下脂肪 8 の厚みの絶対値である場合は、回帰係数 a_0 , a_1 , a_2 , a_3 及び人体 1 の外周長 U を用いて、たとえば $d = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U + a_2 \cdot U + a_3 / U$ などと表せ、厚み d が皮下脂肪 8 の厚みの相対値である場合は、たとえば $d = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 / U + a_3 / U^2$ などと表すことができる。図 3 では、皮下脂肪 8 のインピーダンスが非脂肪 9 のインピーダンスよりも大きく、電圧 V は厚み d の増加関数となっている。相関式が設定されれば、同じ媒体で構成されているが厚みが未知のサンプルに対して、電極 2 - 3

間に所定電流を流し、体脂肪算出部 25 により、電圧計 7 に表示される電圧値から相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み d を算出できる。

電流用電極 2 と電流用電極 3 との間の距離は、外周長の $1/6$ 未満であることが好ましく、 $1/8$ 以下であることがさらに好ましい。電流用電極 2 - 3 間の距離が大きすぎると、多くの電流が人体内部にも流れ込み、測定電圧値 V に非脂肪 9、内臓脂肪 10 の分布や量の影響が現れる。電流用電極 2 - 3 間の距離が小さすぎると、皮下脂肪 8 の厚みが厚い時には測定感度が悪くなり、しかも電極の形状やサイズの影響が測定電圧値 V に現れて好ましくない。

電流用電極の近傍に配置する測定用電極についても、電流用電極と測定用電極との距離を最適な範囲に設定することが好ましい。電流用電極と測定用電極の距離があまり大きいと、非脂肪 9、内臓脂肪 10 の分布や量の影響が測定電圧値 V に現れて好ましくない。また、図 4 に示すように皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感度が悪くなる。距離があまり小さいと、図 4 に示すように皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、また電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値 V に影響して好ましくない。電流用電極と測定用電極との間の距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の平均厚みの 0.5 倍 ~ 3 倍にするのが好ましい。例えば、人体の胴

回りにある 1 ～ 4 c m の厚みの皮下脂肪を測定する場合、電流用電極間の距離（電極の中心間距離）を 1 c m ～ 1 5 c m にするのが好ましく、2 c m ～ 1 0 c m にするのがさらに好ましい。電流用電極とその近傍に配置した測定用電極との距離（電極の中心間距離）は 0. 6 c m ～ 1 0 c m にするのが好ましく、1 c m ～ 6 c m にするのがさらに好ましい。また、この時に用いる電極の形状としてはたとえば円盤状や矩形状のものをを用いることができる。また、電極の大きさとしては、電極形状が円盤状の場合、たとえば直径 0. 6 c m ～ 3. 5 c m の電極を用いることができ、特に、直径 1. 5 c m ～ 2. 5 c m の電極を用いることが好ましい。

相関式作成用のサンプル及び未知の厚み d をもつサンプルなどに対する一連のデータ測定では、人体の外周長に比例して、電流用電極間距離及び電流用電極と測定用電極との間の距離を変化させて測定するか、人体 1 の外周長によらず全てのサンプルに対して前記電極間距離を前記最適値に固定して測定するのが便利である。また、サンプルの厚み d が薄いものから厚いものまで広範囲に拡がり、ある一つの固定された電極間距離では全ての厚みを測定しきれない場合は、電極間距離をいくつかの値に固定した複数の測定系を用意し、サンプルの厚み d に応じてそれらを使いわけながらサンプルを測定すればよい。

図 1 に示す測定装置に図 5 に示す測定装置を追加し、

皮下脂肪 8 の厚み d の算出精度を向上させることもできる。図 5 では、皮下脂肪 8 の厚み d の測定部位（電極 2 と電極 5 の中間点）に関し、電極等を図 1 と略対称に配置した。図 5 に示す測定装置によって、図 1 に示す測定装置におけるのと同様にして電圧計 7 で電圧 V^* を測定すれば、電圧値 V^* も前記皮下脂肪 8 の厚み d を反映する。この電圧値 V^* と図 1 に示す測定装置で測定した前記電圧値 V との平均電圧値を求め、平均電圧値と皮下脂肪 8 の厚み d とを関係付ける相関式を作成すれば、この平均電圧値からより高精度に皮下脂肪 8 の厚み d を算出できる。

次に、第 2 実施例を説明する。第 1 実施の形態の第 2 実施例の体脂肪測定装置は、図 1 に示す測定装置に図 6 に示す測定装置を追加した。図 6 に示す測定装置は、人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2, 12 と、電流源 4 と、人体 1 の外周上で且つ電極 2 と電極 12 との略中間に配置した測定用電極 13, 14 と、測定用電極 13 - 14 間に発生した電圧を測定する電圧計 15 と、電圧計 15 で測定された電圧値を用いて図 1 に示す電圧計 7 で測定された電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて皮下脂肪 8 の厚みを算出する体脂肪算出部 25 とを備える。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 1 に示す測定装置において、電流源 4 は、電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、電極 2 の近傍に配置した第 1 測定用

電極 5 及び人体 1 を挟んで電流用電極 2, 3 と略反対側の位置に配置した第 2 測定用電極 1 1 の間に発生した第 1 電圧を測定する。

次に、図 6 に示す測定装置において、電流源 4 は、人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2 - 1 2 間に電流を流す。電圧計 1 5 は、測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生した第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 1 5 で測定された第 2 電圧値を用いて、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて皮下脂肪 8 の厚みを算出する。

すなわち、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値 V には、人体 1 内部に存在する非脂肪 9 及び内臓脂肪 1 0 の分布や量の影響がわずかに含まれているが、電極 2, 1 2 による別の電流路に対して測定した第 2 電圧（インピーダンス） V' を用いてその影響を除去できるので、皮下脂肪 8 の厚みの測定精度を向上できる。

なお、第 2 電圧による補正方法としては、相関式を作成する際に、図 3 における縦軸を $V + a' \cdot V'$ として、係数 a' を最適に選択してよりよい相関を得る方法がある。あるいは、多変量解析の手法を用いて線形多項式で近似的に相関式を作成することもできる。厚み d が皮下脂肪 8 の厚みの絶対値である場合は、回帰係数 a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 及び人体 1 の外周長 U 、測定用電極 1 3 - 1 4 間の距離 L を用いて、たとえば $d = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U + a_2 \cdot (V' \cdot U / L) \cdot U + a_3 \cdot U$

+ a_4 / U などと表せ、厚み d が皮下脂肪 8 の厚みの相対値である場合は、たとえば $d = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V' \cdot U / L + a_3 / U + a_4 / U^2$ などと表すことができる。このような補正された相関式を作成しておけば、皮下脂肪 8 の厚み d の未知のサンプルに対して電圧 V と V' を測定することにより、その相関式を介して高精度でサンプルの厚み d を測定できる。

あるいは、図 1 及び図 6 に示す測定装置に、さらに図 5 に示す測定装置を追加して皮下脂肪 8 の厚み d の算出精度をさらに向上させることもできる。すなわち、図 1 に示す測定装置で測定した電圧 V と図 5 に示す測定装置で測定した電圧 V^* との平均電圧値を、図 6 に示す測定装置で測定した電圧 V' で補正して皮下脂肪 8 の厚み d を算出する。このときの相関式には、たとえば、図 3 における縦軸を $(V + V^*) / 2 + a' \cdot V'$ として係数 a' を最適に選択したもの、あるいは多変量解析において前記相関式中の V を $(V + V^*) / 2$ に置き換えたものを用いればよい。

次に、第 3 実施例を説明する。図 7 に示す第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 7 A に示す測定装置と図 7 B に示す測定装置によって構成される。図 7 A に示す測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 の外周長に比べて十分に距離を短くして配置された二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、電極 2, 3 の近傍に配置した測定用電極 5, 6 と、測定用電極 5 - 6 間に発生した第 1 電圧を測定す

る電圧計 7 と、測定された電圧値を入力する体脂肪算出部 25 とを備える。図 7 B に示す測定装置は図 6 に示す測定装置と同一であるので、その説明は省略する。また、第 1 実施例で説明した電圧値と厚みとの相関式の作成法、電流用電極間距離、電流用電極と測定用電極間の距離等の記載内容は、第 3 実施例に適用される。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 7 A に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、測定用電極 5 - 6 間に発生した第 1 電圧を測定する。

次に、図 7 B に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 1 2 間に電流を流し、電圧計 15 は、測定用電極 1 3 - 1 4 間に発生した第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 25 は、電圧計 15 で測定された第 2 電圧値を用いて、電圧計 7 で測定された第 1 電圧値を補正し、補正された電圧値に基づいて、電極 2, 3, 5, 6 近傍の皮下脂肪 8 の厚みを算出する。第 2 電圧値による第 1 電圧値の補正は、第 2 実施例と同様な方法によって行われ、第 2 実施例と同様な相関式を作成することによって、補正された電圧値から皮下脂肪量を求める。

次に、第 4 実施例を説明する。図 8 に示す第 4 実施例の体脂肪測定装置は、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の外周上の複数の点で皮下脂肪 8 の厚みを自動的に測定する。図 8 において、人体 1 の外周上には複数の電極 26 a ~ 26 h が配置され、複数の電極 26 a ~

26hは電流電極選択用スイッチ27及び電圧電極選択用スイッチ28に接続されている。

データ入力装置33から入力された電極選択用データをコンピュータ35からの指示で電流電極選択用スイッチ27に伝え、電流電極選択用スイッチ27により、複数の電極26a～26hのうちいずれか二つを電流用電極として選択する。交流発振器29の出力を電流・電圧変換器30により変換して印加することで、電流用電極間に所定の電流を流すことができる。

コンピュータ35の指示に従って電圧電極選択スイッチ28により残りの電極から選択した測定用電極間の電圧値を差動増幅器31及びA/D変換器32を介してコンピュータ35に取り込む。以上の処理を、コンピュータ35の指示に従って電流用電極及び測定用電極を順次選択しながら繰り返す。コンピュータ35に取り込まれた電圧データは標準電流を流した時に発生する電圧値に変換された後、予めデータ入力装置33から入力されていた電圧と皮下脂肪8の厚みdとの相関式に当てはめられ、皮下脂肪8の厚みdが求められる。厚みdはコンピュータ35からデータ出力装置34に送られ、表示される。

ここで、複数の電極26a～26hに対して、図1に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電流用電極を選択すれば、人体1の外周上の複数の点における皮下脂肪8の厚みを高精度で測定できる。

皮下脂肪 8 の厚み測定を人体 1 の断面に沿った外周の複数点で行い、別に測定した人体 1 の外周形状のデータと皮下脂肪 8 の各厚みのデータと組み合わせることで、コンピュータ 35 によって、人体 1 の該断面における皮下脂肪 8 のおおよその断面像を得ることもできる。図 9 に、人体 1 の外周上の 9 ヶ所の点で行った厚み測定結果 d_1 , d_2 , \dots d_9 を用いて、皮下脂肪 8 の断面像を得た例を示す。

また、コンピュータ 35 によって、人体 1 の所定断面上での皮下脂肪 8 の断面積 S を求めることもできる。この場合、電圧値 V と皮下脂肪 8 の断面積 S とを関係付ける相関式を作成する。たとえば脇腹などの、人体 1 の外周上の 1 箇所の電圧測定で断面積 S を粗い精度で算出することもできるが、所定断面の外周の n 箇所で電圧値 V_1 , V_2 , \dots V_n を測定し、それらと皮下脂肪 8 の断面積 S との相関式を作成するのが好ましい。さらに、人体 1 の該断面における周長 U を別に測定し、該周長 U も相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。

電圧値の組 (V_1 , V_2 , \dots V_n) と断面積 S との相関式の作成は、電圧 V と皮下脂肪 8 の厚み d との相関関係の作成と同様に行えばよい。人体 1 中の皮下脂肪 8 の断面積 S を求める方法として、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から求める方法、あるいはサンプルが人体でない場合にはサンプルを機械的に切断しその断面から測定する方法などがある。多変量解析などを用いて線

形多項式で近似して表す際の相関式は、量 S が皮下脂肪 8 の断面積の、人体 1 の全断面積に対する比（相対値）を表す場合、 $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$ などとなる。ここで、 a_0 , a_1 , $a_2 \dots a_n$ は回帰係数である。あるいは、周長 U を相関式に取り込んだ場合、相関式は $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b_1 / U + b_2 / U^2$ などとなる。 b_1 , b_2 は回帰係数である。あるいは、量 S が皮下脂肪 8 の断面積の絶対値を表す場合、相関式は $S = a_0 + (a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n) \cdot U^2 + b_1 \cdot U + b_2 \cdot U^2$ などとなる。この相関式を設定することで、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組（ V_1 , V_2 , $\dots V_n$ ）あるいは電圧値と周長の組（ V_1 , V_2 , V_n , U ）から、皮下脂肪 8 の断面積 S を算出できる。

また、皮下脂肪 8 の体積 B を求めることもできる。この場合、人体 1 の外表面上の複数の箇所の電圧値 V_1 , V_2 , $\dots V_n$ （ n ：自然数）を測定し、測定された複数の電圧値と皮下脂肪 8 の体積 B との相関式を作成する。人体 1 の周長 U 及び／又は体重 B_0 及び／又は体重と身長比を別に測定し、該周長 U 及び／又は体重 B_0 及び／又は体重と身長比をも相関式に取り込めば、さらに良好な相関式が得られる。皮下脂肪 8 の体積としては、人体の腹部あるいは大腿部や上腕に含まれる体積などが例示される。いずれの場合も、被測定部分の外周表面に

電極を配置して測定を行う。

電圧値の組 (V_1, V_2, \dots, V_n) と体積 B との相関式の作成は、電圧 V と皮下脂肪 8 の厚み d との相関式の作成と同様に行えばよい。人体 1 中の皮下脂肪 8 の体積 B を測定する方法として、X線 CT 法や MRI 法を用いる方法がある。多変量解析などを用いて線形多項式で近似して表す際の相関式は、量 B が皮下脂肪 8 の体積の、人体 1 の測定部位の全体積に対する比 (相対値) を表す場合、 $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$ などとなる。ここで、 $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$ は回帰係数である。あるいは、周長 U を相関式に取り込んだ場合には、相関式は $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b_1 / U + b_2 / U^2$ 、人体 1 の体重 B_0 を相関式に取り込んだ場合、相関式は $B = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n + b_1 / B_0^{1/2} + b_2 / B_0$ などとなる。 b_1, b_2 は回帰係数である。あるいは、量 B が皮下脂肪 8 の体積の絶対値を表す場合、相関式は $B = a_0 + (a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n) \cdot U^2 + b_1 \cdot U + b_2 \cdot U^2$ あるいは $B = a_0 + (a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n) \cdot U^2 + b_1 \cdot B_0^{1/2} + b_2 \cdot B_0$ などとなる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組 (V_1, V_2, \dots, V_n) あるいは電圧値と周長の組 (V_1, V_2, \dots, V_n, U) あるいは電圧値と人体 1 の体重の組 ($V_1, V_2, \dots, V_n, B_0$) から、

相関式に従って皮下脂肪 8 の体積 B を算出できる。また、皮下脂肪の体積のかわりに重量を算出することもできる。

複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 1 及び図 6 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置関係となるように選択することもできる。すなわち、二つの電流用電極 26 a, 26 b 及び二つの測定用電極 26 h, 26 e を選択し、その後に二つの電流用電極 26 a, 26 d 及び二つの測定用電極 26 g, 26 f を選択すれば、電極 26 a, 26 h 間の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。電流用電極を順次選択しながら繰り返すことにより、人体 1 の外周上の複数の点における皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。あるいは、複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 1 及び図 5 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置や図 1 及び図 5 及び図 6 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置を順次選択することもできる。

また、複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 7 A 及び図 7 B に示すような電流用電極及び測定用電極の配置関係となるように選択しても良い。すなわち、二つの電流用電極 26 a, 26 b 及び二つの測定用電極 26 h, 26 c を選択し、その後に二つの電流用電極 26 a, 26 d 及び二つの測定用電極 26 g, 26 f を選択すれば、電極 26 a, 26 b 近傍の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で得られる。電流用電極を順次選択しながら繰り返すことにより、人体 1 の外周上の複数の点における皮下脂肪 8

の厚みが高精度で得られる。すなわち、電圧値を補正することにより、人体 1 内部に存在する非脂肪 9、内臓脂肪 10 の量や分布の影響を除去し、人体 1 の皮下脂肪 8 の厚みや断面積や体積を高精度で測定できる。

第 1 乃至第 4 の実施例において、複数の電流周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することで、測定結果の信頼性が高まる。

(第 2 の実施の形態)

第 2 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の内部に存在する内臓脂肪量を測定する。

図 10 に示す第 1 実施例の体脂肪測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2、3 と、電流源 4 と、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2 - 3 間の略中間の位置に、外周長に比べ十分に距離を短くして配置された二つの測定用電極 21、22 と、測定用電極 21、22 の電位を測定するための基準電位 17 と、基準電位 17 と測定用電極 21 あるいは 22 とを結ぶための切換えスイッチ 16 と、二つの測定用電極 21、22 の電位を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧値に基づいて人体 1 内部に存在する内臓脂肪 10 の量を算出する体脂肪算出部 25 とを備える。なお、図 11 に示すように、測定用電極 21、22 を、図 10 に示す電圧測定用電極 21、22 とは左右反対の位置に配置して、電圧を測定してもよい。電流用電極 2、3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背

中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、内臓脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。また、人体1に横断的に電流を流せるならば、人体1の外周上に配置する電流用電極の数は、図12に示すように‘2’より多くてもよい。

さらに、図10や図11に示す体脂肪測定装置は、人体1の外周長及び電極21-22間及び／又は21'-22'間の距離のデータを入力するデータ入力装置33を備えた構成でも良い。このとき、体脂肪算出部25は、データ入力装置33からの人体1の外周長及び電極21-22間及び／又は21'-22'間の距離のデータと電圧計7で測定された電圧値とに基づいて内臓脂肪量を算出する。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、電流源4は、人体1の外周上に人体1を挟んで略対向して配置した電流用電極2-3間に電流を流し、切換えスイッチ16を切換えながら、電圧計7は、測定用電極21と基準電位17の間の電圧 V_1 並びに測定用電極22と基準電位17の間の電圧 V_2 を測定し、体脂肪算出部25は、電圧計7で測定された電圧値 V_1 、 V_2 に基づいて内臓脂肪10の量 m を算出する。

なお、図10～図12において、電流源4は直流電源、交流電源の何れでも良い。電流源4が交流電源である場合、電圧計7での電圧値（電圧の振幅又は実効値）の測

定の際に位相遅れを同時に測定してもよく、その場合、測定した位相遅れをデータ解析に利用できる。人体の測定では、扱いやすさの観点から交流であることが好ましく、交流の周波数は、通常 $10\text{ kHz} \sim 500\text{ kHz}$ を用いることができ、特に $50\text{ kHz} \sim 200\text{ kHz}$ を用いるのが好ましい。また、この時の電流値は通常 $0.3\text{ mA} \sim 3\text{ mA}$ を用いることができる。

ここで、電極 2 から電極 3 に電流が流れているときの、人体 1 の外周に誘起される電位分布（瞬時値）の概略を図 13 に示す。電極 2 1, 2 2 近傍あるいは電極 2 1', 2 2' 近傍では電位の空間変化率（傾き）の絶対値は小さくなるが、該電極近傍での電位の空間変化率は、内臓脂肪 10 の量と強く相関している。すなわち、電位の空間変化率の絶対値が大きい場合、内臓脂肪 10 の量が多く、電位の空間変化率の絶対値が小さい場合、内臓脂肪 10 の量が少ない。また、その空間変化率は、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や量にほとんど影響されない。このため、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布や量にほとんど影響されず、内臓脂肪 10 の量 m を簡便且つ高精度に算出できる。

この際、電極 2 1, 2 2 近傍の電位の空間変化率あるいは電極 2 1', 2 2' 近傍の電位の空間変化率のいずれか一方を用いて内臓脂肪 10 の量 m を算出してもよい。また、二つの電位の空間変化率の平均を求め、その平均から内臓脂肪量 m を算出してもよい。また、内臓脂肪量

の多い人は概して総脂肪量（内臓脂肪量と皮下脂肪量の和）も多いという相関があるため、上記の電位の空間変化率を用いて、人体の総脂肪量を近似的に算出することもできる。

電位の空間変化率としては、測定用電極 21 と基準電位 17 の間の電圧 V_1 と、測定用電極 22 と基準電位 17 の間の電圧 V_2 との差 $|V_1 - V_2|$ を用いることができる。あるいは文字通り、 $|V_1 - V_2|$ を電極 21 と 22 の間の距離 L_{12} で割った値 $|V_1 - V_2| / L_{12}$ を用いることができる。あるいは、より一般的な電位の空間変化率 α として、人体 1 の外周長 U で規格化した電極間距離 L_{12} / U で $|V_1 - V_2|$ を割った値 $\alpha = |V_1 - V_2| \cdot U / L_{12}$ を用いることもできる。

内臓脂肪 10 の量の定量的な算出のため、電位の空間変化率と内臓脂肪 10 の量 m を関係付ける相関式を予め作成しておく。具体的には、同じ媒体で構成されているが種々の量 m をもつサンプルを複数用意し、それらに対して図 10 あるいは図 11 の方法で測定した電位の空間変化率と、実際の内臓脂肪量 m の相関式を作成する。電圧値 V_1 と V_2 の測定では全てのサンプルで流す電流を同一にするか、あるいは、サンプル毎に異なる電流量を流し、得られた電圧値を同一の電流量を流した時に発生する電圧値に換算する。内臓脂肪量 m を測定する方法として、X 線 CT 法や MRI 法で得られた断層像から断面積や体積を求める方法、あるいは、サンプルが人体でな

い場合はサンプルを機械的に切断し直接的に断面積や体積を測定する方法などがある。予め内部構造のわかっているサンプルを用いてもよい。なお、断層像から断面積を算出する場合、電流の広がり considering して、該断面だけでなく、その近傍の断層像をも撮像し、それらの複数枚の断層像の平均から内臓脂肪の断面積を算出すると精度が向上する。電位の空間変化率によって総脂肪量（内臓脂肪量と皮下脂肪量の和）を算出する場合も、同様な方法で相関式を作成すればよい。

内臓脂肪量 m の表示法としては、内臓脂肪 10 の断面積や体積の他、人体 1 の全断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比、又は、周囲の非脂肪 9 の断面積に対する内臓脂肪 10 の断面積の比などから最適なものを適宜選択できる。電位の空間変化率と最も相関のよいものを実際の測定において選択すればよい。

規格化した電位の空間変化率 $\epsilon = |V_1 - V_2| \cdot U / L_{12}$ は原理的には、内臓脂肪 10 の断面積の人体 1 の全断面積に対する比、又は、周囲の非脂肪 9 の断面積に対する比などの相対値とよく相関する。人体 1 全体が相似的に大きくなっても、一定電流を流す限り、図 13 に示す電位分布は不変であるという相似則がおよそ成立しているためである。すなわち、人体 1 の外周上の電位分布が $V = g(x)$ である場合、相似的に ϵ 倍に大きくあるいは小さくなった人体 1' の外周上の電位分布はおよそ $V = g(\epsilon x)$ となる。それゆえ、空間変化率 ϵ か

ら内臓脂肪量 m を算出するには、量 m を上記のような相対値に選ぶことが好ましい。電位の空間変化率 ϵ と内臓脂肪量 10 の量 m との相関の一例を図 14 に示す。図中の \times は相関式作成用に用意された各サンプルのデータ点であり、破線はデータ点を最適フィッティングした相関式である。図 14 では、内臓脂肪 10 のインピーダンスが非脂肪 9 のインピーダンスより大きく、 ϵ は内臓脂肪量 m の増加関数となっている。内臓脂肪量 m と空間変化率 ϵ との相関式 $m = f(\epsilon)$ を、多変量解析の手法を用いて線形関数で近似的に表す場合には、相関式は $m = a_0 + a_1 \cdot \epsilon$ となる。ここに a_0 と a_1 は回帰係数である。設定した相関式に従って、内臓脂肪量 m が未知のサンプルに対し、電圧計 7 に表示される電圧値から求めた空間変化率 ϵ によって内臓脂肪量 m を算出できる。

測定するサンプルの外周長 U がほぼ一定である場合、電極 21 と 22 の間（あるいは電極 21' と 22' の間）の距離 L_{12} を一定にしておけば、規格化した電位の空間変化率 ϵ と電圧値 $|V_1 - V_2|$ とは等価となる。それゆえ ϵ の代わりに $|V_1 - V_2|$ を用いることもできる。また、測定するサンプルの外周長 U が様々である場合も、電極 21 と 22 の間（あるいは電極 21' と 22' の間）の距離 L_{12} を外周長 U に比例させて変化させれば、規格化した電位の空間変化率 ϵ と電圧値 $|V_1 - V_2|$ とはやはり等価となり、 ϵ の代わりに $|V_1 - V_2|$ を用いることができる。電極 21 - 22 間（あるいは

は電極 2 1 - 2 2 間) の距離を外周長に比例させて変化させる方法としては、ゴムなどの伸縮性材料からなるベルトに電極を固定し、ベルトを被測定サンプルの外周に沿って巻いたときのベルトの伸縮を利用する方法、あるいは、別に被測定サンプルの外周長を測定し、その情報をもとに機械的に電極間距離を変化させる方法などがある。

図 1 0 (あるいは図 1 1) において、測定用電極 2 1 - 2 2 間 (あるいは 2 1 - 2 2 間) の距離は最適な範囲に設定することが好ましい。電極 2 1 と電極 2 2 との距離が小さすぎると、電極 2 1 - 2 2 間に十分な電位差が発生せず、測定感度上好ましくない。この観点から、電極 2 1 - 2 2 間の距離は通常 3 c m 以上であることが好ましい。一方、電極 2 1 と電極 2 2 との距離が大きすぎると、測定電圧に皮下脂肪 8 の分布や量の影響が現れるため、電極間距離は外周長の $1/6$ 以下であることが好ましい。また、この時に用いる電極の形状としてはたとえば円盤状や矩形状のものをを用いることができる。また、電極の大きさとしては、電極形状が円盤状の場合、たとえば直径 0. 6 c m ~ 3. 5 c m の電極を用いることができ、特に直径 1. 5 c m ~ 2. 5 c m の電極を用いることが好ましい。

あるいは、規格化した電位の空間変化率とに、人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値から内臓脂肪量の絶対値を算出することもできる。一般にこの方

が、規格化した電位の空間変化率とから内臓脂肪量の相対値を算出するよりも、精度の高い算出を行うことができる。このとき、内臓脂肪量の絶対値としては、周囲に電極を配置した断面あるいはその近傍面における内臓脂肪 10 の断面積をとるのが好ましい。また、規格化した電位の空間変化率とに、人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値から総脂肪量の絶対値を近似的に算出することもできる。このときは、総脂肪量の絶対値として、周囲に電極を配置した断面あるいはその近傍面における、内臓脂肪 10 の断面積と皮下脂肪 8 の断面積との和をとるのが好ましい。

人体の大きさを反映する特性量とは、人体の断面の大きさを反映する量のことであり、人体の全断面積 S や人体の断面の外周長 U 、図 15 に示すような人体の断面の縦幅 W_1 と横幅 W_2 などがあげられる。人体の大きさを反映する特性量のべき乗とは、典型的には、全断面積 S の一乗、縦幅と横幅の積 $W_1 \cdot W_2$ 及び外周長 U の二乗 U^2 が例としてあげられる。実際上は全断面積 S を正確に測定するのは繁雑であり、 S と相関の高い $W_1 \cdot W_2$ や U^2 を用いるのがより簡便である。また上記以外にも、 W_1 、 W_2 、 U などの一乗や、 W_1^2 、 W_2^2 、 $W_1 \cdot U$ 、 $W_2 \cdot U$ などの二乗、 U^3 、 $W_1 \cdot W_2 \cdot U$ などの三乗、 U^4 などの四乗などの整数乗を用いることもできる。あるいはまた、 $U^{1.8}$ や $U^{2.2}$ などの大きさを反映する特性量の非整数乗を用いても良いし、これらの量のうちのい

くつかの重み付き線形和又は差でもよい。人体の大きさを反映する特性量として、上記のような長さの他に、人体の断面の大きさを間接的に反映する人体の体重又は体重と身長之比などを用いることもできる。

内臓脂肪 10 の量の定量的な算出のため、電位の空間変化率 ζ と人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば $\zeta \times W_1 \times W_2$ 又は $\zeta \times U^2$ と、内臓脂肪 10 の断面積 m とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、回帰係数 a_0 、 a_1 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot W_1 \cdot W_2$ あるいは $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot U^2$ となる。あるいは、 $W_1 \cdot W_2$ や U^2 を独立変数にとり且つ回帰係数 a_2 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot W_1 \cdot W_2$ 又は $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot U^2 + a_2 \cdot U^2$ としたり、人体 1 に対して別の電流路で測定した別の電圧 V' を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot V' \cdot W_1 \cdot W_2$ 又は $m = a_0 + a_1 \cdot \zeta \cdot U^2 + a_2 \cdot V' \cdot U^2$ として相関式の精度を向上させることもできる。人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗として、 $W_1 \cdot W_2$ や U^2 以外の量を選んだときには、その量を上式中の $W_1 \cdot W_2$ や U^2 と置き換えればよい。図 10 における測定の際に、電極 21 と 22 の間の距離 L_{12} を外周長 U に比例して変化させた場合には、電位の空間変化率 ζ の代わりに電圧値 $|V_1 - V_2|$ を用いることもできる。このときの相関式は、 $m =$

$a_0 + a_1 \cdot |V_1 - V_2| \cdot W_1 \cdot W_2$ あるいは $m = a_0 + a_1 \cdot |V_1 - V_2| \cdot U^2$ などとなる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電位の空間変化率とあるいは電圧値 $|V_1 - V_2|$ と人体 1 の大きさを反映する特性量とから相関式に従って内臓脂肪量 m を算出できる。

次に第 2 実施例を説明する。図 16 に示す第 2 実施例の体脂肪測定装置は、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置された二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2 - 3 間の略中間の位置に、隣接する電極間の距離を外周長に比べ十分に短くして配置された四つの測定用電極 21 ~ 24 と、測定用電極 21 ~ 24 の電位を測定するための基準電位 17 と、基準電位 17 と測定用電極 21 ~ 24 とを結ぶための切換えスイッチ 16 と、四つの測定用電極 21 ~ 24 の電位を測定する電圧計 7 と、人体 1 の外周長 U 及び測定用電極の位置のデータを入力するデータ入力装置 33 と、電圧計 7 で測定された電圧値とデータ入力装置 33 から入力された外周長 U 及び電極位置のデータとに基づいて人体 1 内部に存在する内臓脂肪 10 の量を算出する体脂肪算出部 25 とを備える。電流用電極 2, 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、内臓脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、電流源 4 は、人体 1 の外周上に人体 1 を挟んで略対向して配置した電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、切換えスイッチ 1 6 を切換えながら、電圧計 7 は、測定用電極 2 1 ~ 2 4 と基準電位 1 7 との間の電圧値 $V_1 \sim V_4$ をそれぞれ測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された電圧値 $V_1 \sim V_4$ とデータ入力装置 3 3 から入力された外周長 U 及び電極位置のデータとに基づいて電位の空間変化率 ϵ を求め、その空間変化率 ϵ から内臓脂肪 1 0 の量 m を算出する。

電圧値 $V_1 \sim V_4$ から電位の空間変化率 ϵ を求めるにはたとえば以下のようにすればよい。図 1 7 に示すように、人体 1 の表面上の一点から測定用電極の中心点までの距離 x で表した電極 2 1, 2 2, 2 3, 2 4 の位置 x_1, x_2, x_3, x_4 を、データ入力装置 3 3 に入力しておく。体脂肪算出部 2 5 は、データ入力装置 3 3 から入力された x_1, x_2, x_3, x_4 を用いて、電極 2 1 - 2 2 間距離 $L_{12} = x_2 - x_1$ 、電極 2 2 - 2 3 間距離 $L_{23} = x_3 - x_2$ 、電極 2 3 - 2 4 間距離 $L_{34} = x_4 - x_3$ を計算し、これらから各電極間の電位の局所的な空間変化率 $\epsilon_{12} = |V_1 - V_2| \cdot U / L_{12}$ 、 $\epsilon_{23} = |V_2 - V_3| \cdot U / L_{23}$ 、 $\epsilon_{34} = |V_3 - V_4| \cdot U / L_{34}$ を求める。電位の空間変化率 ϵ は、最も簡単には、局所的な空間変化率 ϵ_{12} 、 ϵ_{23} 、 ϵ_{34} の算術平均から求めることができる。また、 ϵ_{12} 、

と 2 3, と 3 4 の中の最小のものをととしてもよいし、あるいは、図 1 8 に示すように、 $x / U = (x_1 + x_2) / 2 \cdot U$ にと 1 2 を、 $x / U = (x_2 + x_3) / 2 \cdot U$ にと 2 3 を、 $x / U = (x_3 + x_4) / 2 \cdot U$ にと 3 4 をプロットし、これら 3 点を二次関数でフィッティングしたときの二次関数の極小値と \min を電位の空間変化率ととしてもよい。

このようにして定めた電位の空間変化率とを用いて、第 1 実施例と同様な方法で、内臓脂肪量あるいは総脂肪量（内臓脂肪量と皮下脂肪量の和）を算出することができる。

次に第 3 実施例を説明する。図 1 9 に示す第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 1 6 に示す体脂肪測定装置の中の基準電位 1 7 を、人体 1 上、特に電極 2 4 にとったものである。図 1 9 において、切換えスイッチ 1 6 は測定用基準電極 2 4 と測定用電極 2 1 ~ 2 3 とを結ぶための切換えを行い、電圧計 7 は測定用基準電極 2 4 と測定用電極 2 1 ~ 2 3 との間に発生する電圧を測定する。

図 1 9 に示す体脂肪測定装置では以下のような方法で体脂肪量を測定する。まず、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、切換えスイッチ 1 6 を切換えながら、電圧計 7 は、測定用電極 2 1 ~ 2 3 と測定用基準電極 2 4 との間の電圧 $V_1 \sim V_3$ をそれぞれ測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された電圧値 $V_1 \sim V_3$ とデータ入力装置 3 3 から入力された外周長 U 及び電

極位置のデータとに基づいて電位の空間変化率 α を求め、その空間変化率 α から内臓脂肪10の量 m を算出する。

電圧値 $V_1 \sim V_3$ から電位の空間変化率 α を求めるには、第2実施例における空間変化率 α_{34} を $\alpha_{34} = V_3 \cdot U / L_{34}$ に置換えるだけで、第2実施例と同様にして行うことができる。このようにして定められた電位の空間変化率 α を用いて第1実施例と同様な方法で、内臓脂肪量あるいは総脂肪量（内臓脂肪量と皮下脂肪量の和）を算出することができる。

次に第4実施例を説明する。図20に示す第4実施例の体脂肪測定装置は、図10に示す体脂肪測定装置の中の基準電位17を、人体1上、特に電極22にとったものである。電圧計7は測定用基準電極22と測定用電極21との間に発生する電圧 V を測定する。

図20に示す体脂肪測定装置では以下のような方法で体脂肪量を測定する。まず、電流源4は、電流用電極2-3間に電流を流し、電圧計7は、測定用電極21と測定用基準電極22との間の電圧 V を測定し、体脂肪算出部25は、電圧計7で測定された電圧値 V から内臓脂肪10の量 m を算出する。具体的には、第1実施例の記載における電圧値 $|V_1 - V_2|$ を電圧値 V に置換えるだけで、第1実施例と同様な方法で、内臓脂肪量あるいは総脂肪量（内臓脂肪量と皮下脂肪量の和）を算出することができる。

次に、第5実施例を説明する。図21Aに示す体脂肪

測定装置は、人体 1 を挟んで略対向する第 1 方向 A に配置した電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 から電流を流し、電流用電極 2 - 3 間の略中間に配置された測定用電極 2 1 - 2 2 間に発生する電圧を電圧計 7 で測定する。図 2 1 B に示す体脂肪測定装置は、人体 1 を挟んで略対向する第 2 方向 B に配置した電流用電極 2 - 3 間に電流源 4 から電流を流し、電流用電極 2 - 3 間の略中間に配置された測定用電極 2 1 - 2 2 間に発生する電圧を電圧計 7 で測定する。

このように、人体 1 を挟んで略対向する複数の方向に順次電流を流し、それぞれの方向の電流に対して測定した電圧 V の複数個の組を用いて、体脂肪算出部 2 5 によって、人体 1 の内臓脂肪 1 0 を算出するので、さらに高精度に内臓脂肪 1 0 の量を測定できる。

このような測定法では、測定された n 個の電圧値の組 (V_1, V_2, \dots, V_n) と内臓脂肪量 m との相関式を作成する。電圧値の組 (V_1, V_2, \dots, V_n) と内臓脂肪量 m との相関式の作成は、第 1 実施例と同様な方法で行えばよい。多変量解析などを用いて線形多項式で近似して表す際の相関式は $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 + a_2 \cdot V_2 + \dots + a_n \cdot V_n$ などとなる。ここで、 $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$ は回帰係数である。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値の組 (V_1, V_2, \dots, V_n) から、相関式に従って内臓脂肪 1 0 の量 m を算出できる。あるいは測定された電圧値 V_i ($i = 1$

… n) に、別に測定した外周長 U を乗算し、さらに該電圧測定用の電極間距離 L_i ($i = 1 \dots n$) で割った値の組 ($V_1 \cdot U / L_1$, $V_2 \cdot U / L_2$, $\dots V_n \cdot U / L_n$) と内臓脂肪量 m との相関式を作成し、未知のサンプルに対して測定された ($V_1 \cdot U / L_1$, $V_2 \cdot U / L_2$, $\dots V_n \cdot U / L_n$) の値から相関式に従って内臓脂肪 10 の量 m を算出できる。さらに、人体 1 の断面の縦幅 W_1 と横幅 W_2 あるいは外周長 U などの特性量を用いて、相関式 $m = a_0 + (a_1 \cdot V_1 \cdot U / L_1 + a_2 \cdot V_2 \cdot U / L_2 + \dots + a_n \cdot V_n \cdot U / L_n) \cdot W_1 \cdot W_2$ あるいは $m = a_0 + (a_1 \cdot V_1 \cdot U / L_1 + a_2 \cdot V_2 \cdot U / L_2 + \dots + a_n \cdot V_n \cdot U / L_n) \cdot U^2$ を作り、内臓脂肪 10 の断面積 m を算出できる。

次に第 6 実施例を説明する。第 6 実施例の体脂肪測定装置は、図 20 に示す体脂肪測定装置に図 22 A 及び／又は図 22 B に示す測定装置を追加した。あるいは図 23 A に示す測定装置及び／又は図 23 B に示す測定装置を追加しても良い。図 22 A 及び図 22 B に示す測定装置は、図 7 A に示す測定装置に対応しており、また図 23 A 及び図 23 B に示す測定装置は図 1 に示す測定装置に対応しており、その詳細な説明は省略する。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 20 に示す測定装置は、電流用電極 2-3 間に電流源 4 から電流を流し、測定用電極 21-22 間に発生する第 1 電圧 V を電圧計 7 で測定する。

次に、図 2 2 A に示す測定装置において、電流源 4 は、二つの電流用電極 3 6 - 3 7 間に電流を流し、電圧計 4 0 は、二つの測定用電極 3 8 - 3 9 間の第 2 電圧 V' を測定する。図 2 2 B に示す測定装置において、電流源 4 は、二つの電流用電極 3 6' - 3 7' 間に電流を流し、電圧計 4 0 は、二つの測定用電極 3 8' - 3 9' 間の第 2 電圧 V'' を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 4 0 で測定された第 2 電圧値 V' と V'' とを用いて電圧計 7 で測定された第 1 電圧値 V を補正し、補正された電圧値に基づいて内臓脂肪 1 0 の量を算出する。

すなわち、電圧計 7 で測定された電圧値 V には、人体 1 の外周近傍に存在する皮下脂肪 8 の分布の影響、特に、電極 2 と電極 3 近傍での皮下脂肪 8 の厚みの影響がわずかに含まれるが、図 2 2 B に示すように電極 2 周辺に電流を流して測定した電圧（インピーダンス） V'' 、及び、図 2 2 A のように電極 3 周辺に電流を流して測定した電圧（インピーダンス） V' を用いてそれらの影響を除去でき、測定精度を向上できる。なお、電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 3 近傍の皮下脂肪の厚みがほぼ等しいと予めわかっている場合は、電圧 V' と V'' とのいずれか一方のみの電圧を用いて電圧計 7 で測定された電圧値 V を補正しても良い。

また、補正の方法としては、相関式を作成する際に、図 1 4 における縦軸を $V - a' V' - a'' V''$ として、係数 a' 、 a'' を最適に選択してよりよい相関を得る方

法、あるいは多変量解析の手法を用いて線形多項式で近似的に相関式を作成する場合に、 $m = a_0 + a_1 \cdot V - a'_1 \cdot V' - a''_1 \cdot V''$ として回帰係数 a_0 、 a_1 、 a'_1 、 a''_1 を決定する方法がある。

また、より一般的な補正方法として、電極 21 - 22 間の距離 L_{12} と人体 1 の外周長 U を用いて、図 14 における縦軸を $V \cdot U / L_{12} - a'_1 \cdot V' - a''_1 \cdot V''$ とする方法や多変量解析における相関式を $m = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U / L_{12} - a'_1 \cdot V' - a''_1 \cdot V''$ とする方法がある。あるいは人体 1 の外周長 U やその二乗 U^2 を独立変数にとり、かつ回帰係数 a_1 、 a_2 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U / L_{12} - a'_1 \cdot V' - a''_1 \cdot V'' + a_1 / U + a_2 / U^2$ などとすることにより相関式の精度を向上させることもできる。

あるいは、人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗をも用いて内臓脂肪 10 の断面積 m を求める場合には、多変量解析における相関式を $m = a_0 + a_1 \cdot V \cdot (U / L_{12}) \cdot \varepsilon - a'_1 \cdot V' \cdot \varepsilon' - a''_1 \cdot V'' \cdot \varepsilon''$ などとすればよい。ここで、 ε 、 ε' 、 ε'' は人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗であり、たとえば、人体 1 の断面の縦幅 W_1 と横幅 W_2 の積 $W_1 \cdot W_2$ や、外周長 U の二乗 U^2 などを表す。このときのべき乗の指数は '1' や '2' に限らず、最も相関が良くなるように決めることができる。たとえば、 ε 、 ε' 、 ε'' を U^2 に選んだ場合、相関式は $m = a_0 + a_1 \cdot V \cdot (U / L_{12})$

・ $U^2 - a' \cdot V' \cdot U^2 - a'' \cdot V'' \cdot U^2$ となり、さらに U や U^2 を独立変数にとりかつ回帰係数 a_1 , a_2 を用いて、 $m = a_0 + a \cdot V \cdot (U / L_{12}) \cdot U^2 - a' \cdot V' \cdot U^2 - a'' \cdot V'' \cdot U^2 + a_1 \cdot U + a_2 \cdot U^2$ などとすることにより、相関式の精度を向上させることもできる。電極 21 - 22 間の距離 L_{12} を外周長 U に比例して変化させる場合には、相関式を $m = a_0 + a \cdot V \cdot \varepsilon - a' \cdot V' \cdot \varepsilon' - a'' \cdot V'' \cdot \varepsilon''$ 又は $m = a_0 + a \cdot V \cdot U^2 - a' \cdot V' \cdot U^2 - a'' \cdot V'' \cdot U^2 + a_1 \cdot U + a_2 \cdot U^2$ としてもよい。

また、前述の例では、図 22 に示す測定装置を用いて電圧値を補正したが、図 22 A に代え、図 23 A に示す測定装置を、さらに図 22 B に示す測定装置に代え、図 23 B に示す測定装置を用いれば、電圧計 40 で測定される電圧値は、電極 41, 41' の位置が多少ずれても大きく変動しない。このため、電極の取付位置が多少ずれても高精度で電圧値を測定でき、これによって、内臓脂肪の量をさらに高精度に算出することができる。あるいは、図 22 又は図 23 中の電流用電極及び測定用電極を人体 1 の外周上の他の位置に配置し、図 22 又は図 23 における測定方法と同様にして別の第 2 電圧を測定し、それらの複数の第 2 電圧値を第 1 電圧値 V の補正に用いればさらに測定精度が向上する。また図 20 の代わりに、図 10, 図 11, 図 12, 図 16, 図 19 に示す測定装置に、図 22 又は図 23 に示す測定装置を追加すること

によっても、精度のより高い内臓脂肪量の測定を同様にして行うことができる。

次に、第 7 実施例を説明する。第 7 実施例の体脂肪測定装置は図 8 と同じ構成からなり、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の内臓脂肪を自動的に測定する。予めデータ入力装置 33 が電圧と内臓脂肪の量 m との相関式をコンピュータ 35 に入力し、コンピュータ 35 が該相関式を用いて内臓脂肪量 m を求め、求められた内臓脂肪量 m がコンピュータ 35 からデータ出力装置 34 に送られ、表示される以外は、第 1 の実施の形態の第 4 実施例と同様にして計測を行う。

電流用電極及び測定用電極の選択法としては例えば、図 20 に示す配置関係、図 21 A に示す配置関係、図 21 B に示す配置関係を順次選択すればよい。また、図 22 又は図 23 に示すような電圧値の補正処理を、前記複数の方向の処理に対して追加すれば、人体 1 の皮下脂肪 8 の分布や量の影響を除去できるので、さらに高精度に内臓脂肪 10 の量を測定できる。

また、第 1 乃至第 7 の実施例において、複数の周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することにより、測定結果の信頼性が高まる。

(第 3 の実施の形態)

第 3 の実施の形態の体脂肪測定方法及びその装置は、人体の皮下脂肪の厚み、断面積などの皮下脂肪量や内臓脂肪の断面積などの内臓脂肪量、あるいは皮下脂肪量と

内臓脂肪量との和の値を測定する。

図 2 4 に示す第 3 の実施の形態の第 1 の実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体 1 の例えば腹部の外周上に、該人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、電極 2 の近傍に配置した測定用電極 4 2 と、電極 3 の近傍に配置した測定用電極 4 3 と、二つの測定用電極 4 2 - 4 3 間に発生する電圧を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧に基づいて人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積の和を算出する体脂肪算出部 2 5 を備える。電流用電極 2, 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。又、図 2 5 に示すように、電極 3 の近傍に配置すべき測定用電極 4 3 は、電極 3 を挟んで電極 4 3 と略対称な位置に配置することもできる。また、人体 1 に横断的に電流を流せるならば、人体 1 の外周上に配置する電流用電極の数は、図 2 6 に示すように ' 2 ' より多くてもよい。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 4 に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、測定用電極 4 2 と測定用電極 4 3 との間に発生する電圧 V を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された電圧値 V から、人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積との和 m' を

算出する。また、総脂肪量（皮下脂肪量と内臓脂肪量の和）の多い人は概して内臓脂肪量も多いという相関があるため、電圧 V を用いて人体 1 の内臓脂肪 10 の断面積 m を算出することもできる。

なお、電流源 4 については、第 1 の実施の形態で既に説明したので、ここではその詳細な説明は省略する。

図 24 に示すように、人体 1 に対し略横断する方向に電流を流したときに発生する電圧が、人体 1 の電気抵抗の主要部を占める脂肪量と何らかの相関があることは容易に予測されたが、驚くことに、電圧値 V は、外周に電極を配置した断面又はその近傍の断面における人体 1 の全断面積に対する、該人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 10 の断面積との和の値の比（相対値）を正確に反映していた。さらに、意外なことに、電圧値に人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じることによって、その値は該断面上の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 10 の断面積との和（絶対値）と極めて強い相関を示した。なお、人体の大きさを反映する特性量及びそのべき乗の意味は、第 2 の実施の形態の第 1 実施例で説明した通りである。

皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の量の和 m' の定量的な算出のため、電圧 V と脂肪量 m' とを関係付ける相関式あるいは電圧 V と人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば $V \times W_1 \times W_2$ 又は $V \times U^2$ と、脂肪量 m' とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関

式の作成は、第2の実施の形態の第1実施例と同様にしていることができる。

相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、量 m' が皮下脂肪8と内臓脂肪10の断面積の和の、人体1の全断面積に対する比（相対値）を表す場合、回帰係数 a_0 , a_1 , a_2 を用いて、たとえば $m' = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot L / U$ となる。ここで、 L は電極2-42間の距離又は電極3-43間の距離である。あるいは、量 m' が皮下脂肪8と内臓脂肪10の断面積の和（絶対値）を表す場合、相関式は $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot W_1 \cdot W_2$ あるいは $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U^2$ となる。あるいは、 $W_1 \cdot W_2$ や U^2 を独立変数にとり且つ回帰係数 a_3 を用いて、 $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot W_1 \cdot W_2 + a_2 \cdot W_1 \cdot W_2 + a_3 \cdot W_1 \cdot W_2 \cdot L / U$ 又は $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot U^2 + a_2 \cdot U^2 + a_3 \cdot U^2 \cdot L / U$ などとすることにより、相関式の精度を向上させることもできる。人体1の大きさを反映する特性量のべき乗として、 $W_1 \cdot W_2$ や U^2 以外の量を選んだときには、その量を上式中の $W_1 \cdot W_2$ や U^2 と置き換えればよい。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値 V と人体1の大きさを反映する特性量とから相関式に従って脂肪量 m' を算出できる。

図24において、電流用電極2と測定用電極42との距離は最適な範囲に設定することが好ましい。電極2と電極42との距離があまり大きいと、皮下脂肪8での電

圧降下が測定電圧 V に占める割合が少なくなり、測定精度が悪くなる。また、皮下脂肪 8 の厚みが薄いサンプルに対して測定感度が悪くなる。距離があまり小さいと、皮下脂肪 8 の厚みが厚いサンプルに対して測定感度が悪くなり、又電極の形状やサイズあるいは電極と人体 1 との間の接触状態が測定電圧値 V に影響して好ましくない。電極 2 と電極 4 2 との距離はおおむね、被測定サンプルにおける皮下脂肪 8 の厚みの 0.3 ～ 3 倍にするのが好ましい。例えば、人体の胴回りに電極を配置して測定を行う場合には、電極 2 - 4 2 間の距離（電極の中心間距離）を 0.6 cm ～ 12 cm にするのが好ましく、1 cm ～ 6 cm にするのがさらに好ましい。またこのとき電極 2 - 4 2 間の距離を人体の外周長 U に比例させて変化させることもできる。電極間の距離を外周長に比例させて変化させる方法としては、ゴムなどの伸縮性材料からなるベルトに電極を固定し、ベルトを人体の外周に沿って巻いたときのベルトの伸縮を利用する方法などがある。また電流用電極 3 と測定用電極 4 3 との距離も同様である。

電流用電極及び測定用電極の形状としてはたとえば円盤状や矩形状のものを用いることができる。また、電極の大きさとしては、電極形状が円盤状の場合、たとえば直径 0.6 cm ～ 3.5 cm の電極を用いることができ、特に直径 1.5 cm ～ 2.5 cm の電極を用いることが好ましい。

次に第 2 実施例を説明する。図 2 7 に示す第 2 実施例の体脂肪測定装置は、被測定体である人体 1 の例えば腹部の外周上に、該人体 1 を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極 2, 3 と、電流源 4 と、電極 3 の近傍に配置した測定用電極 4 4 と、人体 1 の外周上で二つの電流用電極 2 - 3 間の略中間の位置に配置した測定用電極 4 5 と、二つの測定用電極 4 4 - 4 5 間に発生する電圧を測定する電圧計 7 と、電圧計 7 で測定された電圧値に基づいて人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積の和を算出する体脂肪算出部 2 5 を備える。電流用電極 2, 3 の人体上の位置は、例えばそれぞれ背中周辺と腹部周辺、あるいは両脇腹部などに配置できるが、脂肪量を測定する精度の観点からは、背中周辺と腹部周辺に配置するのが好ましい。電流用電極 3 と測定用電極 4 4 との距離は図 2 4 における電流用電極 2 と測定用電極 4 2 との距離と同様な最適な範囲に設定することが好ましい。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 7 に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、測定用電極 4 4 及び測定用電極 4 5 の間に発生する電圧 V を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された電圧値 V から、人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 1 0 の断面積との和 m' を算出する。また、総脂肪量（皮下脂肪量と内臓脂肪量の和）の多い人は概して内臓脂肪量も多いという相関があ

るため、電圧 V を用いて人体 1 の内臓脂肪 10 の断面積 m を算出することもできる。

皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の量の和 m' の定量的な算出のため、電圧 V と脂肪量 m' とを関係付ける相関式あるいは電圧 V と人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗との積、例えば $V \times W_1 \times W_2$ 又は $V \times U^2$ と、脂肪量 m' とを関係付ける相関式を予め作成しておく。その作成は、第 1 実施例と同様な方法で行うことができ、相関式は、第 1 実施例で示した相関式において、 L を電極 3 - 4 間の距離と定義しなおしたもので与えられる。この相関式に従って、未知のサンプルに対して測定された電圧値 V と人体 1 の大きさを反映する特性量とから脂肪量 m' を算出できる。

次に第 3 実施例を説明する。第 3 実施例の体脂肪測定装置は、図 24 に示す体脂肪測定装置に、図 1 に示す体脂肪測定装置を追加した。装置については、第 3 の実施の形態の第 1 実施例及び第 1 の実施の形態の第 1 実施例ですでに説明したので、ここでは省略する。

体脂肪測定方法を説明する。まず、図 24 に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、測定用電極 42 - 43 間に発生する第 1 電圧 V を測定する。次に、図 1 に示す測定装置において、電流源 4 は、電流用電極 2 - 3 間に電流を流し、電圧計 7 は、測定用電極 5 - 11 間に発生する第 2 電圧 V' を測定し、体脂肪算出部 25 は、電圧計 7 で測定さ

れた第 1 電圧 V と第 2 電圧 V' に基づき、人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 10 の断面積との和 m' を算出する。第 1 電圧値 V を第 2 電圧 V' で補正するので、脂肪量 m' をより高精度に算出することができる。

皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の断面積の和 m' の定量的な算出のため、第 1 電圧 V 及び第 2 電圧 V' と脂肪量 m' とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、量 m' が皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の断面積の和の、人体 1 の全断面積に対する比（相対値）を表す場合、たとえば $m' = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V' + a_3 \cdot L_1 / U + a_4 \cdot L_2 / U + a_5 \cdot L_2' / U + a_6 \cdot L_2 \cdot L_2' / U^2$ となる。ここで、 $a_0 \sim a_6$ は回帰係数であり、 L_1 は図 24 における電極 2 - 4 2 間の距離又は電極 3 - 4 3 間の距離を表し、 L_2 は図 1 の電極 2 - 3 間の距離を表し、 L_2' は図 1 の電極 2 - 5 間の距離を表す。あるいは量 m' が皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の断面積の和（絶対値）を表す場合、相関式は $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot \varepsilon + a_2 \cdot V' \cdot \varepsilon'$ あるいはより精度を高めると、 $m' = a_0 + a_1 \cdot V \cdot \varepsilon + a_2 \cdot V' \cdot \varepsilon' + (a_3 + a_4 \cdot L_1 / U) \cdot \varepsilon + (a_5 + a_6 \cdot L_2 / U + a_7 \cdot L_2' / U + a_8 \cdot L_2 \cdot L_2' / U^2) \cdot \varepsilon'$ などとなる。ここで、 $a_0 \sim a_8$ は回帰係数であり、また ε 、 ε' は人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗であり、たとえば、人体 1 の断面の縦幅 W_1 と横幅 W

2 の積 $W_1 \cdot W_2$ や、外周長 U の二乗 U^2 などを表す。このときのべき乗の指数は '1' や '2' に限らず、最も相関が良くなるように決めることができる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値 V 、 V' と人体の大きさを反映する特性量とから相関式に従って脂肪量 m' を算出できる。

本実施例の体脂肪測定装置において、図 1 中の電流用電極及び測定用電極を人体 1 の外周上の他の位置に配置し、図 1 における測定方法と同様にして別の第 2 電圧を測定し、それらの複数の第 2 電圧値を第 1 電圧値 V の補正に用いればさらに測定精度が向上する。

本実施例の体脂肪測定装置にさらに図 7 B に示す体脂肪測定装置を追加し、図 7 B の体脂肪測定装置の電圧計 15 で測定した第 3 電圧 V'' を用いて、人体 1 の皮下脂肪 8 の断面積と内臓脂肪 10 の断面積との和 m' を高精度に算出できる。このときの相関式は、量 m' が皮下脂肪 8 と内臓脂肪 10 の断面積の和（絶対値）を表す場合、たとえば $m' = a_0 + a \cdot V \cdot \varepsilon + a' \cdot V' \cdot \varepsilon' + a'' \cdot V'' \cdot \varepsilon''$ などとすればよい。ここで、 a_0 、 a 、 a' 、 a'' は回帰係数であり、 ε 、 ε' 、 ε'' は人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗である。あるいは、図 2 4 に示す体脂肪測定装置に、図 7 A に示す体脂肪測定装置及び／又は図 7 B に示す体脂肪測定装置を追加し、同様にして脂肪量 m' を算出することもできる。また、本実施例の中の図 2 4 に示す体脂肪測定装置に代えて図

27 に示す体脂肪測定装置を用いても、同様にして脂肪量 m' を算出できる。

次に、第4実施例を説明する。第4実施例の体脂肪測定装置は図8と同じ構成からなり、複数の方向に順次電流を流しながら人体1の皮下脂肪8の断面積と内臓脂肪10の断面積との和 m' を算出する。予めデータ入力装置33が電圧と脂肪量 m' との相関式をコンピュータ35に入力し、コンピュータ35が該相関式を用いて脂肪量 m' を求め、求められた脂肪量 m' がコンピュータ35からデータ出力装置34に送られ、表示される以外は、第1の実施の形態の第4実施例と同様にして計測を行う。

電流用電極及び測定用電極の選択法としてはたとえば、図24に示す配置関係に対応する配置あるいは図27に示す配置関係に対応する配置を複数選択すればよい。また、図1または図7Aまたは図7Bに示すような配置関係をも選択し、得られた電圧値による補正処理を、前記複数の方向の処理に対して追加すれば、さらに高精度に皮下脂肪8の断面積と内臓脂肪10の断面積との和 m' を測定できる。

第5実施例の体脂肪測定装置は、図24に示す測定装置と図28に示す測定装置とから構成される。体脂肪算出部25は図24の電圧計7で測定された第1電圧と図28の電圧計7で測定された第2電圧とに基づき人体1の皮下脂肪8の量を算出する。図28に示す測定装置は図6あるいは図20に示す測定装置と同じ構成であり、

また図 2 4 に示す測定装置は第 3 の実施の形態の第 1 実施例ですでに説明したので、ここでは詳細な説明は省略する。なお、電極 2 と電極 4 6 並びに電極 3 と電極 4 7 はそれぞれ同一電極でもよい。また、図 2 4 に示す体脂肪測定装置に代えて図 2 5 または図 2 6 に示す体脂肪測定装置を用いることもできる。

次に、体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 4 に示す測定装置において、電流源 4 は、第 1 及び第 2 電流用電極 3 - 2 間に電流を流し、電圧計 7 は、第 1 測定用電極 4 3 及び第 2 測定用電極 4 2 間に発生する第 1 電圧を測定する。次に、図 2 8 に示す測定装置において、電流源 4 は、第 3 及び第 4 電流用電極 4 7 - 4 6 間に電流を流し、電圧計 7 は、第 3 及び第 4 測定用電極 2 1 - 2 2 間に発生する第 2 電圧を電圧計 7 で測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき人体 1 の皮下脂肪 8 の量を算出する。皮下脂肪 8 の量としては、電極 3 近傍の皮下脂肪の厚み d と電極 2 近傍の皮下脂肪の厚み d' との和 $d + d'$ や周囲に電極を配置した断面あるいはその近傍面における皮下脂肪の断面積 S などがあげられる。第 1 電圧は、およそ、電極 3 近傍及び電極 2 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下と内臓脂肪 10 に起因する電圧降下の和からなり、第 2 電圧は、およそ、内臓脂肪 10 による電圧降下に起因するため、第 1 電圧から第 2 電圧を差し引くことで電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚

みの和を高精度に求めることができる。あるいは、第1電圧から第2電圧を差し引いた値によって皮下脂肪8の断面積を近似的に求めることもできる。

皮下脂肪8の電流用電極3近傍での厚み d と電流用電極2近傍での厚み d' の和 $d + d'$ を算出するために、第1電圧 V_1 、第2電圧 V_2 と皮下脂肪の厚み $d + d'$ とを関係付ける相関式を予め作成しておく。相関式は、多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、量 $d + d'$ が皮下脂肪8の厚みの絶対値である場合、たとえば $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot (V_2 \cdot U / L_2) \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot \varepsilon_1 + a_4 \cdot (L_1 / U) \cdot \varepsilon_1$ となる。ここで、 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 、 a_4 は回帰係数であり、 L_1 は電極2-42間の距離あるいは電極3-43間の距離を表し、 L_2 は電極21-22間の距離を表す。 ε_1 、 ε_2 は人体1の大きさを反映する特性量のべき乗であり、たとえば、人体1の外周長 U （の1乗）や人体1の断面の縦幅 W_1 や横幅 W_2 などを表す。この時のべき乗の指数は‘1’に限らず、最も相関が良くなるように決めることができる。電極間距離 L_1 、 L_2 を人体1の外周長 U に比例して変化させる場合には、相関式を $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot \varepsilon_1$ とすることができる。

皮下脂肪8の断面積 S を算出するために、第1電圧 V_1 、第2電圧 V_2 と皮下脂肪の断面積 S とを関係付ける相関式を予め作成しておく。量 S が皮下脂肪8の断面積

の絶対値である場合、相関式はたとえば上記と同様な $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot (V_2 \cdot U / L_2) \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot \varepsilon_1 + a_4 \cdot (L_1 / U) \cdot \varepsilon_1$ と表される。ただし、 ε_1 、 ε_2 は典型的には人体 1 の外周長 U の二乗 U^2 や人体 1 の断面の縦幅 W_1 と横幅 W_2 との積 $W_1 \cdot W_2$ などを表す。電極間距離 L_1 、 L_2 を人体 1 の外周長 U に比例して変化させる場合には、相関式を $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot \varepsilon_1$ とすることができる。

図 2 4 において、第 1 電流用電極 3 と第 1 測定用電極 4 3 との距離及び第 2 電流用電極 2 と第 2 測定用電極 4 2 との距離は、第 3 の実施の形態の第 1 実施例で説明したように設定するのが好ましく、また図 2 8 における第 3 測定用電極 2 1 と第 4 測定用電極 2 2 との距離は、第 2 の実施の形態の第 1 実施例で図 1 0 の電極 2 1 - 2 2 間の距離に対して説明したように設定するのが好ましい。

本実施例において、図 2 8 に示す測定装置に代えて図 1 0 に示す測定装置を用いることもできる。

次に、第 6 実施例を説明する。第 6 実施例の体脂肪測定装置は、第 5 実施例の体脂肪測定装置に図 2 2 A 又は図 2 3 A に示す測定装置と図 2 2 B 又は図 2 3 B に示す測定装置とを追加した。図 2 2 A 及び図 2 3 A の電極 3 6 と電極 3 7 は図 2 4 の電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 3 6 又は電極 3 7 が電極 3 と同一でも良い。図 2 2 B 及び図 2 3 B

の電極 3 6' と電極 3 7' は図 2 4 の電極 2 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 3 6' 又は電極 3 7' が電極 2 と同一でも良い。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 2 A 又は図 2 3 A の電圧計 4 0 は測定用電極 3 8 - 3 9 又は測定用電極 3 8 ~ 4 1 間に発生する第 3 電圧を測定する。図 2 2 B 又は図 2 3 B の電圧計 4 0 は測定用電極 3 8' - 3 9' 又は測定用電極 3 8' - 4 1' 間に発生する第 4 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧及び第 2 電圧と電圧計 4 0 で測定された第 3 電圧及び第 4 電圧に基づき実施例 5 と同様な皮下脂肪 8 の量を算出する。

第 3 電圧は、主に、電極 3 6, 3 7 近傍すなわち電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因し、第 4 電圧は主に電極 3 6', 3 7' 近傍すなわち電極 2 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因するため、第 3 電圧と第 4 電圧を第 5 実施例の第 1 電圧、第 2 電圧と組み合わせることにより、さらに精度良く電極 3 近傍及び電極 2 近傍の皮下脂肪の厚みの和や皮下脂肪の断面積を測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 4 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み d と電流用電極 2 近傍での厚み d' の和 $d + d'$ を算出するために、第 1 電圧 V_1 、第 2 電圧 V_2 、第 3 電圧 V_3 、第 4 電圧 V_4 と皮下脂肪の厚み $d + d'$ を関係付ける相関式を予

め作成しておく。相関式は多変量解析手法を用いて線形多項式で近似して表せ、量 $d + d'$ が皮下脂肪 8 の厚みの絶対値である場合、たとえば $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot (V_2 \cdot U / L_2) \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + a_4 \cdot V_4 \cdot \varepsilon_4 + (a_5 + a_6 \cdot L_1 / U) \cdot \varepsilon_1 + (a_7 \cdot L_3 / U + a_8 \cdot L_3' / U + a_9 \cdot L_3 \cdot L_3' / U^2) \cdot \varepsilon_3 + (a_{10} \cdot L_4 / U + a_{11} \cdot L_4' / U + a_{12} \cdot L_4 \cdot L_4' / U^2) \cdot \varepsilon_4$ となる。ここで、 $a_0 \sim a_{12}$ は回帰係数であり、 L_1 は電極 2 - 4 2 間の距離あるいは電極 3 - 4 3 間の距離を表し、 L_2 は電極 2 1 - 2 2 間の距離を表し、 L_3 は電極 3 6 - 3 7 間の距離を表し、 L_3' は電極 3 6 - 3 8 間の距離を表し、 L_4 は電極 3 6' - 3 7' 間の距離を表し、 L_4' は電極 3 6' - 3 8' 間の距離を表す。 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ は人体 1 の大きさを反映する特性量のべき乗であり、たとえば、人体 1 の外周長 U (の 1 乗) や人体 1 の断面の縦幅 W_1 や横幅 W_2 などを表す。この時のべき乗の指数は '1' に限らず、最も相関が良くなるように決めることができる。電極間距離 L_1 , L_2 , L_3 , L_3' , L_4 , L_4' を人体 1 の外周長 U に比例して変化させる場合には相関式を $d + d' = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + a_4 \cdot V_4 \cdot \varepsilon_4 + a_5 \cdot \varepsilon_1$ とできる。

皮下脂肪 8 の断面積 S を算出するために、第 1 電圧 $V_1 \sim$ 第 4 電圧 V_4 と皮下脂肪の断面積 S とを関係付ける

相 関 式 を 予 め 作 成 し て お く 。 量 S が 皮 下 脂 肪 8 の 断 面 積 の 絶 対 値 で あ る 場 合 、 相 関 式 は た と え ば 上 記 と 同 様 な $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot (V_2 \cdot U / L_2) \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + a_4 \cdot V_4 \cdot \varepsilon_4 + (a_5 + a_6 \cdot L_1 / U) \cdot \varepsilon_1 + (a_7 \cdot L_3 / U + a_8 \cdot L_3' / U + a_9 \cdot L_3 \cdot L_3' / U^2) \cdot \varepsilon_3 + (a_{10} \cdot L_4 / U + a_{11} \cdot L_4' / U + a_{12} \cdot L_4 \cdot L_4' / U^2) \cdot \varepsilon_4$ と 表 さ れ る 。 た だ し 、 $\varepsilon_1 \sim \varepsilon_4$ は 典 型 的 に は 人 体 1 の 外 周 長 U の 二 乗 U^2 や 人 体 1 の 断 面 の 縦 幅 W_1 と 横 幅 W_2 と の 積 $W_1 \cdot W_2$ な ど を 表 す 。 電 極 間 距 離 $L_1, L_2, L_3, L_3', L_4, L_4'$ を 人 体 1 の 外 周 長 U に 比 例 し て 変 化 さ せ る 場 合 に は 、 相 関 式 を $S = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 + a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + a_4 \cdot V_4 \cdot \varepsilon_4 + a_5 \cdot \varepsilon_1$ と で き る 。

第 7 実 施 例 の 体 脂 肪 測 定 装 置 は 、 図 2 7 に 示 す 体 脂 肪 測 定 装 置 と 図 2 8 に 示 す 測 定 装 置 と か ら 構 成 さ れ る 。 体 脂 肪 算 出 部 2 5 は 図 2 7 の 電 圧 計 7 で 測 定 さ れ た 第 1 電 圧 と 図 2 8 の 電 圧 計 7 で 測 定 さ れ た 第 2 電 圧 と に 基 づ き 人 体 1 の 皮 下 脂 肪 8 の 量 を 算 出 す る 。 な お 、 電 極 2 と 電 極 4 6 並 び に 電 極 3 と 電 極 4 7 は そ れ ぞ れ 同 一 電 極 で も よ い 。

次 に 、 体 脂 肪 測 定 方 法 を 説 明 す る 。 ま ず 、 図 2 7 に 示 す 測 定 装 置 に お い て 、 電 流 源 4 は 、 第 1 及 び 第 2 電 流 用 電 極 3 - 2 間 に 電 流 を 流 し 、 電 圧 計 7 は 、 第 1 測 定 用 電

極 4 4 及び第 2 測定用電極 4 5 間に発生する第 1 電圧を測定する。次に、図 2 8 に示す測定装置において、電流源 4 は、第 3 及び第 4 電流用電極 4 7 - 4 6 間に電流を流し、電圧計 7 は、第 3 及び第 4 測定用電極 2 1 - 2 2 間に発生する第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧と第 2 電圧に基づき人体 1 の皮下脂肪 8 の量を算出する。皮下脂肪 8 の量としては、電極 3 近傍の皮下脂肪の厚み d や周囲に電極を配置した断面あるいはその近傍面における皮下脂肪の断面積 S などがあげられる。第 1 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下と内臓脂肪 1 0 に起因する電圧降下の和からなり、第 2 電圧は、およそ、内臓脂肪 1 0 による電圧降下に起因するため、第 1 電圧から第 2 電圧を差し引くことで電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みが高精度で求められる。あるいは、第 1 電圧から第 2 電圧を差し引いた値によって皮下脂肪 8 の断面積を近似的に求めることができる。なお、第 1 電圧、第 2 電圧の各電圧の測定順番は問われず、第 2 電圧を測定した後に第 1 電圧を測定してもよい。

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み d や皮下脂肪 8 の断面積 S を算出するために、第 1 電圧 V_1 並びに第 2 電圧 V_2 とそれらの量とを関係付ける相関式を予め作成しておく。

それらの相関式はたとえば、第 5 実施例で示した相関式において、 $d + d'$ を d に置きかえ、 L_1 を電極 3 -

4 4 間の距離と定義しなおしたもので与えられる。相関式が設定されれば、未知のサンプルに対して測定された電圧値 V_1 と V_2 とから相関式に従って皮下脂肪 8 の厚み d や断面積 S を算出できる。

次に、第 8 実施例を説明する。第 8 実施例の体脂肪測定装置は、第 7 実施例の体脂肪測定装置に図 2 2 A 又は図 2 3 A に示す測定装置を追加した。図 2 2 A 及び図 2 3 A の電極 3 6 と電極 3 7 は図 2 7 の電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 3 6 又は電極 3 7 が電極 3 と同一でも良い。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 2 A 又は図 2 3 A の電圧計 4 0 は測定用電極 3 8 - 3 9 又は測定用電極 3 8 - 4 1 間に発生する第 3 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 で測定された第 1 電圧及び第 2 電圧と電圧計 4 0 で測定された第 3 電圧に基づき実施例 7 と同様な皮下脂肪 8 の量を算出する。

第 3 電圧は、主に、電極 3 6, 3 7 近傍すなわち電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因するため、第 3 電圧を第 7 実施例の第 1 電圧、第 2 電圧と組み合わせることでさらに精度良く電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みを測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 3 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

皮下脂肪 8 の電流用電極 3 近傍での厚み d や皮下脂肪 8 の断面積 S を算出するために、第 1 電圧 V_1 、第 2 電圧 V_2 、第 3 電圧 V_3 とそれらの量とを関係付ける相関

式を予め作成しておく。

それらの相関式はたとえば、第6実施例で示した相関式において、 $\varepsilon_4 = 0$ とおき、 $d + d'$ を d に置きかえ、 L_1 を電極3-4間の距離と定義しなおしたもので与えられる。

次に第9実施例を説明する。第9実施例の体脂肪測定装置は図8と同じ構成からなり、第1の実施の形態の第4実施例と同様にして、複数の方向に順次電流を流しながら人体1の外周上の複数の点で皮下脂肪8の厚みを自動的に測定する。

ここで、複数の電極26a～26hに対して、図27及び図28に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して第1電圧及び第2電圧を測定し、第7実施例と同様な相関式を用いることで、人体1の外周上の複数の点における皮下脂肪8の厚みを高精度で測定できる。また、複数の電極26a～26hに対して、図27、図28及び図22A（又は図23A）に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して第1電圧乃至第3電圧を測定し、第8実施例と同様な相関式を用いることで、人体1の外周上の複数の点における皮下脂肪8の厚みをさらに高精度で測定できる。皮下脂肪8の厚みの測定を人体1の断面に沿った外周の複数点で行い、別に測定した人体1の外周形状のデータと皮下脂肪8の各厚みのデータと組み合わせることで、コンピュータ35によって、人体の該

断面における皮下脂肪 8 のおおよその断面像が得られる。

また、コンピュータ 35 によって、人体 1 の所定断面上での皮下脂肪 8 の断面積 S を求めることもできる。この場合、電圧値と皮下脂肪 8 の断面積とを相関付ける相関式を作成する。すなわち、所定断面の外周の n 箇所で測定した第 1 電圧値 $V_1^{(1)}$, $V_2^{(1)}$, \dots $V_n^{(1)}$ 及び該断面の外周の m 箇所で測定した第 2 電圧値 $V_1^{(2)}$, $V_2^{(2)}$, \dots $V_m^{(2)}$ と、皮下脂肪 8 の断面積 S との相関式を第 7 実施例と同様にして作成する。

次に第 10 実施例を説明する。第 10 実施例の体脂肪測定装置は、図 24 に示す測定装置と図 22A 又は図 23A に示す測定装置と図 22B 又は図 23B に示す測定装置とから構成される。図 24 の電圧計 7 は測定用電極 42 - 43 間に発生する第 1 電圧を測定する。図 22A (又は図 23A) の電圧計 40 は測定用電極 38 - 39 (又は測定用電極 38 - 41) 間に発生する第 2 電圧を測定する。図 22B (又は図 23B) の電圧計 40 は測定用電極 38' - 39' (又は測定用電極 38' - 41') 間に発生する第 3 電圧を測定する。体脂肪算出部 25 は、測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき内臓脂肪 10 の量を算出する。電極 36 と電極 37 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 36 又は電極 37 が電極 3 と同一でも良い。電極 36' と電極 37' は電極 2 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 36' 又

は電極 3 7' は電極 2 と同一でも良い。また、図 2 4 に示す測定装置に代えて、図 2 5 又は図 2 6 に示す測定装置を用いることもできる。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 2 4 の電圧計 7 で第 1 電圧を測定し、図 2 2 A (又は図 2 3 A) の電圧計 4 0 で第 2 電圧を測定し、図 2 2 B (又は図 2 3 B) の電圧計 4 0 で第 3 電圧を測定し、体脂肪算出部 2 5 は、電圧計 7 及び電圧計 4 0 で測定された第 1 電圧乃至第 3 電圧に基づき内臓脂肪 1 0 の量を算出する。第 1 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下と内臓脂肪 1 0 に起因する電圧降下と電極 2 近傍の皮下脂肪 8 に起因する電圧降下の和からなる。第 2 電圧は、およそ、電極 3 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因し、第 3 電圧は、およそ、電極 2 近傍の皮下脂肪 8 による電圧降下に起因する。このため、第 1 電圧から第 2 電圧と第 3 電圧を差し引くことで内臓脂肪 1 0 の量を求めることができる。なお、第 1 電圧乃至第 3 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

内臓脂肪 1 0 の量 m の算出のため、第 1 電圧 V_1 、第 2 電圧 V_2 、第 3 電圧 V_3 と内臓脂肪の量 m とを関係付ける相関式を予め作成しておく。量 m が、内臓脂肪 1 0 の断面積の人体 1 の全断面積に対する比、又は周囲の非脂肪 9 の断面積に対する比などの相対値を表す場合、相関式は、最も簡単には、回帰係数 a_0 , a_1 , a_2 , a

3 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 - a_3 \cdot V_3$ などと表される。電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みがほぼ等しいことが予めわかっている場合には、第 2 電圧と第 3 電圧のどちらかの測定を省略しても良い。この時の相関式は例えば $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2$ となる。

量 m が、内臓脂肪 10 の断面積などの絶対値を表す場合には、相関式はたとえば、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 - a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + (a_4 + a_5 \cdot L_1 / U) \cdot \varepsilon_1 + (a_6 \cdot L_2 / U + a_7 \cdot L_2' / U + a_8 \cdot L_2 \cdot L_2' / U^2) \cdot \varepsilon_2 + (a_9 \cdot L_3 / U + a_{10} \cdot L_3' / U + a_{11} \cdot L_3 \cdot L_3' / U^2) \cdot \varepsilon_3$ と表される。ここで、 $a_0 \sim a_{11}$ は回帰係数であり、 L_1 は電極 2 - 4 2 間の距離あるいは電極 3 - 4 3 間の距離を表し、 L_2 は電極 3 6 - 3 7 間の距離を表し、 L_2' は電極 3 6 - 3 8 間の距離を表し、 L_3 は電極 3 6' - 3 7' 間の距離を表し、 L_3' は電極 3 6' - 3 8' 間の距離を表す。 ε_1 , ε_2 , ε_3 は人体 1 の外周長 U の二乗 U^2 や人体 1 の断面の縦幅 W_1 と横幅 W_2 との積 $W_1 \cdot W_2$ などを表す。この時のべき乗の指数は '1' や '2' に限らず、最も相関が良くなるように決めることができる。電極間距離 L_1 , L_2 , L_2' , L_3 , L_3' を人体 1 の外周長 U に比例して変化させる場合には、相関式を $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 \cdot \varepsilon_1 - a_2 \cdot V_2 \cdot \varepsilon_2 - a_3 \cdot V_3 \cdot \varepsilon_3 + a_4 \cdot \varepsilon_1$

と できる。

本実施例の測定装置は、電極を人体 1 の外周上の別の位置に配置した図 2 2 又は図 2 3 と略同一の測定装置を追加し、追加した測定装置の電圧計 4 0 で測定した電圧を相関式の中に加えれば、内臓脂肪の量 m をさらに高精度に算出できる。

次に、第 1 1 実施例を説明する。第 1 1 実施例の体脂肪測定装置は、第 1 0 実施例の測定装置に図 2 8 に示す測定装置を追加した。図 2 8 の電圧計 7 は測定用電極 2 1 - 2 2 間に発生する第 4 電圧を測定する。体脂肪算出部 2 5 は、測定された第 1 電圧乃至第 4 電圧に基づき内臓脂肪 1 0 の量を算出する。電極 2 と電極 4 6 並びに電極 3 と電極 4 7 はそれぞれ同一電極でも良い。第 4 電圧は、主に内臓脂肪 1 0 による電圧降下に起因するため、第 4 電圧を第 1 0 実施例の第 1 電圧乃至第 3 電圧と組み合わせることによりさらに精度良く内臓脂肪 1 0 の量を測定できる。なお、第 1 電圧乃至第 4 電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定しても同様な効果が得られる。

内臓脂肪 1 0 の量 m の算出のため、第 1 電圧 V_1 、第 2 電圧 V_2 、第 3 電圧 V_3 、第 4 電圧 V_4 と内臓脂肪の量 m とを関係付ける相関式を予め作成しておく。量 m が、内臓脂肪 1 0 の断面積の人体 1 の全断面積に対する比、又は周囲の非脂肪 9 の断面積に対する比などの相対値を表す場合、相関式は、最も簡単には回帰係数 a_0 , a_1 ,

a_2 , a_3 , a_4 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 - a_3 \cdot V_3 + a_4 \cdot V_4$ などと表される。電極 2 近傍の皮下脂肪 8 の厚みと電極 3 近傍の皮下脂肪 8 の厚みがほぼ等しいことが予めわかっている場合には、第 2 電圧と第 3 電圧のどちらかの測定を省略しても良い。この時の相関式は例えば $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_4 \cdot V_4$ となる。

量 m が、内臓脂肪 10 の断面積などの絶対値を表す場合には、相関式はたとえば第 6 実施例の S に対する式と同様な式で表される。

次に第 12 実施例を説明する。第 12 実施例の体脂肪測定装置は、図 27 に示す測定装置と図 22A 又は図 23A に示す測定装置とから構成される。図 27 の電圧計 7 は測定用電極 44 - 45 間に発生する第 1 電圧を測定する。図 22A (又は図 23A) の電圧計 40 は測定用電極 38 - 39 (又は測定用電極 38 - 41) 間に発生する第 2 電圧を測定する。体脂肪算出部 25 は、測定された第 1 電圧及び第 2 電圧に基づき内臓脂肪 10 の量を算出する。電極 36 と電極 37 は電極 3 を配置した位置又はその近傍に配置することが好ましく、特に、電極 36 又は電極 37 が電極 3 と同一でも良い。

次に体脂肪測定方法を説明する。まず、図 27 の電圧計 7 は第 1 電圧を測定し、図 22A (又は図 23A) の電圧計 40 は第 2 電圧を測定し、体脂肪算出部 25 は、測定された第 1 電圧及び第 2 電圧に基づき内臓脂肪 10

の量を算出する。第1電圧は、およそ、電極3近傍の皮下脂肪8に起因する電圧降下と内臓脂肪10に起因する電圧降下の和からなる。第2電圧は、およそ、電極3近傍の皮下脂肪8による電圧降下に起因する。このため、第1電圧から第2電圧を差し引くことで内臓脂肪10の量を求めることができる。なお、第1電圧と第2電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定してもよい。

内臓脂肪10の量 m の算出のため、第1電圧 V_1 、第2電圧 V_2 と内臓脂肪の量 m とを関係付ける相関式を予め作成しておく。量 m が、内臓脂肪10の断面積の人体1の全断面積に対する比、又は周囲の非脂肪9の断面積に対する比などの相対値を表す場合、相関式は、最も簡単には回帰係数 a_0 、 a_1 、 a_2 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2$ などと表される。量 m が、内臓脂肪10の断面積などの絶対値を表す場合には、相関式はたとえば、第10実施例で示した対応する相関式において、 $\varepsilon_3 = 0$ とおき、 L_1 を電極3-44間の距離と定義しなおしたもので与えられる。

本実施例の測定装置は、電極を人体1の外周上の別の位置に配置した図22又は図23と略同一の測定装置を追加し、追加した測定装置の電圧計40で測定した電圧を相関式の中に加えれば、内臓脂肪10の量 m をさらに高精度に算出できる。

次に、第13実施例を説明する。第13実施例の体脂

肪測定装置は、第12実施例の測定装置に図28に示す測定装置を追加した。図28の電圧計7は測定用電極21-22間に発生する第3電圧を測定する。体脂肪算出部25は、測定された第1電圧乃至第3電圧に基づき内臓脂肪10の量を算出する。電極2と電極46並びに電極3と電極47はそれぞれ同一電極でも良い。第3電圧は、主に内臓脂肪10による電圧降下に起因するため、第3電圧を第12実施例の第1電圧及び第2電圧と組み合わせることさらに精度良く内臓脂肪10の量を測定できる。なお、第1電圧乃至第3電圧の各電圧の測定順番は問わず、いずれの電圧を先に測定しても同様な効果を得られる。

内臓脂肪10の量 m の算出のため、第1電圧 V_1 、第2電圧 V_2 、第3電圧 V_3 と内臓脂肪の量 m とを関係付ける相関式を予め作成しておく。量 m が、内臓脂肪10の断面積の人体1の全断面積に対する比、又は周囲の非脂肪9の断面積に対する比などの相対値を表す場合、相関式は、最も簡単には回帰係数 a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 を用いて、 $m = a_0 + a_1 \cdot V_1 - a_2 \cdot V_2 + a_3 \cdot V_3$ などと表される。量 m が、内臓脂肪10の断面積などの絶対値を表す場合には、相関式はたとえば、第6実施例の S に対する相関式において、 $\varepsilon_4 = 0$ とおき、 S を m に置きかえ、 L_1 を電極3-44間の距離と定義しなおしたもので与えられる。

次に第14実施例を説明する。第14実施例の体脂肪

測定装置は図 8 と同じ構成からなり、複数の方向に順次電流を流しながら人体 1 の内臓脂肪量を自動的に測定する。予めデータ入力装置 33 が電圧と内臓脂肪の量 m との相関式をコンピュータ 35 に入力し、コンピュータ 35 が該相関式を用いて内臓脂肪量 m を求め、求められた内臓脂肪量 m が、コンピュータ 35 からデータ出力装置 34 に送られ、表示される以外は、第 1 の実施の形態の第 4 実施例と同様にして計測を行う。

ここで、複数の電極 26a ~ 26h に対して、図 27 及び図 22A (又は図 23A) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して n 個の第 1 電圧 $V_1^{(1)}$, $V_2^{(1)}$, ... $V_n^{(1)}$ 及び第 2 電圧 $V_1^{(2)}$, $V_2^{(2)}$, ... $V_n^{(2)}$ を測定し、第 12 実施例と同様な相関式 $m = a_0 + a_1^{(1)} \cdot V_1^{(1)} + a_2^{(1)} \cdot V_2^{(1)} + \dots + a_n^{(1)} \cdot V_n^{(1)} - a_1^{(2)} \cdot V_1^{(2)} - a_2^{(2)} \cdot V_2^{(2)} - \dots - a_n^{(2)} \cdot V_n^{(2)}$ などを用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

また、複数の電極 26a ~ 26h に対して、図 27 及び図 22A (又は図 23A) 及び図 28 に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、 n 個の第 1 電圧 $V_1^{(1)}$, $V_2^{(1)}$, ... $V_n^{(1)}$ 及び第 2 電圧 $V_1^{(2)}$, $V_2^{(2)}$, ... $V_n^{(2)}$ 、 m 個の第 3 電圧 $V_1^{(3)}$, $V_2^{(3)}$, ... $V_m^{(3)}$ を測定し、第 13 実施例と同様な相関式 $m = a_0 + a_1^{(1)} \cdot V_1^{(1)} + a_2^{(1)} \cdot V_2^{(1)} + \dots + a_n^{(1)} \cdot V_n^{(1)} - a_1^{(2)} \cdot V_1^{(2)} - a_2^{(2)} \cdot V_2^{(2)} - \dots - a_n^{(2)} \cdot V_n^{(2)} - a_1^{(3)} \cdot V_1^{(3)} - a_2^{(3)} \cdot V_2^{(3)} - \dots - a_m^{(3)} \cdot V_m^{(3)}$ などを用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

$$1^{(2)} - a_2^{(2)} \cdot V_2^{(2)} - \dots - a_n^{(2)} \cdot V_n^{(2)} + a_1^{(3)} \cdot V_1^{(3)} + a_2^{(3)} \cdot V_2^{(3)} + \dots + a_m^{(3)} \cdot V_m^{(3)}$$
 などを用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

同様にして、複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 24 及び図 22 A (又は図 23 A) 及び図 22 B (又は図 23 B) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、複数の第 1 電圧乃至第 3 電圧を測定し、第 10 実施例と同様な相関式を用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

また、複数の電極 26 a ~ 26 h に対して、図 24 及び図 28 及び図 22 A (又は図 23 A) 及び図 22 B (又は図 23 B) に示すような電流用電極及び測定用電極の配置となるように順次電極を選択して、複数の第 1 電圧乃至第 4 電圧を測定し、第 11 実施例と同様な相関式を用いることで、内臓脂肪 10 の量を高精度で測定できる。

また、第 1 乃至第 14 の実施例において、複数の周波数で測定を行って、それらの測定結果を比較することにより、測定装置の信頼性が高まる。

第 1 の実施の形態乃至第 3 の実施の形態の体脂肪測定装置において、電極と人体などの被測定体との間の接触抵抗を低減するために、電極と被測定体との間に導電性ゲルを塗布したり、シート状の導電性ゲルを挟んだりすることができる。また、人体の電気インピーダンスが日

内変動することを考慮に入れ、体脂肪を測定した時刻を用いて測定電圧を補正し、電気インピーダンスの日内変動に起因する体脂肪量の測定誤差を補正してもよい。あるいは、食事の前後で腹部の状態が変わることを考慮に入れ、食事から体脂肪を測定するまでの経過時間を用いて測定電圧を補正し、食事に起因する体脂肪量の測定誤差を補正することもできる。

なお、本発明は、第1～第3の実施の形態の体脂肪測定装置を組み合わせた装置としても実現できる。たとえば、第3の実施の形態の第1実施例の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量と内臓脂肪量との和の値から、第2の実施の形態の第4実施例の体脂肪測定装置で測定された内臓脂肪量を差し引くことによって、人体の皮下脂肪量を高精度に測定でき、したがって、内臓脂肪量／皮下脂肪量の比率（ V/S 比）を算出できる。あるいは、第3の実施の形態の第1実施例の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量と内臓脂肪量との和の値から、第1の実施の形態の第4実施例の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量（皮下脂肪の断面積）を差し引くことによって、人体の内臓脂肪量を求められる。

内臓脂肪が高脂血症、糖尿病、高血圧などの生活習慣病の源泉になっているという医学的見地から、本発明の体脂肪測定装置で測定された内臓脂肪量に基づき、データ出力装置に健康アドバイスを表示することができる。あるいは、本発明の体脂肪測定装置で測定された皮下脂

肪量に基づき、データ出力装置に美容アドバイスを表示することができる。また、本発明の体脂肪測定装置で測定された皮下脂肪量と内臓脂肪量との和の値を、従来の体脂肪計の表示に使われている体脂肪率と相関させることもでき、データ出力装置には体脂肪率を表示することもできる。

また、本発明は内臓脂肪量として一般の内臓脂肪のみならず肝脂肪量の推定に用いることもできる。また、被測定体として人体の腹部は勿論、大腿部や上腕等への適用も可能であり、それらの測定部位の皮下脂肪量等を測定することができる。また、被測定体は人体に限定されることなく、豚、牛等の動物、まぐろ等の魚類であっても良く、これらの皮下脂肪量及び内部に存在する脂肪量も測定できる。

産業上の利用可能性

以上のように、本発明に係る体脂肪測定方法及びその装置は、インピーダンスCT法よりも極めて簡単で且つ高精度に体内脂肪量を測定することができる。特に、被測定体の内臓脂肪の量や分布にほとんど影響されることなく、被測定体の皮下脂肪の厚み、断面積又は体積を簡便且つ高精度に測定できる。また、被測定体の内部に存在する内臓脂肪等の他の媒体の量や分布の影響を除去し、さらに精度良く、皮下脂肪の厚み、断面積又は体積を測定できる。また、被測定体の皮下脂肪の量や分布にほとんど影響されることなく、被測定体の内臓脂肪量を簡便

且つ高精度に測定できる。また、被測定体の皮下脂肪の量や分布の影響を除去し、さらに精度良く、内臓脂肪量を測定できる。本発明の体脂肪測定装置は、特に体脂肪計として有用である。

請 求 の 範 囲

1. 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第1測定用電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第2測定用電極の間に発生する第1電圧を測定するステップと、

第1電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出するステップと、

を含む体脂肪測定方法。

2. 前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第2電圧を測定するステップと、

第2電圧を用いて前記第1電圧を補正し、補正された第1電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出するステップと、

を含む請求項1記載の体脂肪測定方法。

3. 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する第1電圧を測定するステップと、

前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに

発生する第 2 電圧を測定するステップと、

第 2 電圧を用いて前記第 1 電圧を補正し、補正された第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出するステップと、

を含む体脂肪測定方法。

4. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定するステップと、

前記空間変化率に基づき前記被測定体の脂肪量を算出するステップと、

を含む体脂肪測定方法。

5. 前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に、前記被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして配置された二つの測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定することによって前記電位の空間変化率を求めるステップを含む請求項 4 記載の体脂肪測定方法。

6. 前記被測定体の外周上に前記被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定するステップと、

第 2 電圧を用いて前記空間変化率を補正し、補正された前記空間変化率に基づき前記被測定体の脂肪量を算出

するステップを含む請求項 4 又は請求項 5 記載の体脂肪測定方法。

7. 前記脂肪量が内臓脂肪量である請求項 4 又は請求項 5 記載の体脂肪測定方法。

8. 前記脂肪量が内臓脂肪量である請求項 6 記載の体脂肪測定方法。

9. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する電圧を測定するステップと、

前記電圧に基づき、外周に前記電極を配置した断面又はその近傍の断面における前記被測定体の体脂肪の断面積と前記被測定体の断面積との比を算出するステップと、を含む体脂肪測定方法。

10. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極のいずれか一つの電極近傍に配置した測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に配置した測定用電極間に発生する電圧を測定するステップと、

前記電圧に基づき、外周に前記電極を配置した断面又はその近傍の断面における前記被測定体の体脂肪の断面積と前記被測定体の断面積との比を算出するステップと、を含む体脂肪測定方法。

1 1. 前記体脂肪の断面積が皮下脂肪と内臓脂肪の断面積の和である請求項 9 又は請求項 10 記載の体脂肪測定方法。

1 2. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極間に発生する電圧を測定するステップと、

前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の脂肪量を算出するステップと、

を含む体脂肪測定方法。

1 3. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極間に電流を流すステップと、

前記二つの電流用電極のいずれか一つの電極近傍に配置した測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に配置した測定用電極間に発生する電圧を測定するステップと、

前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の脂肪量を算出するステップと、

を含む体脂肪測定方法。

1 4. 前記脂肪量が皮下脂肪量と内臓脂肪量の和である請求項 12 又は請求項 13 記載の体脂肪測定方法。

1 5. 前記大きさを反映する特性量が、前記被測定体

の幅あるいは外周長である請求項 1 2 又は請求項 1 3 記載の体脂肪測定方法。

1 6. 前記大きさを反映する特性量が、前記被測定体の幅あるいは外周長である請求項 1 4 記載の体脂肪測定方法。

1 7. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第 3 及び第 4 電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定するステップと、

前記第 1 電圧及び前記空間変化率に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出するステップと、
を含む体脂肪測定方法。

1 8. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向して配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第 3

及び第 4 電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定するステップと、

前記第 1 電圧及び前記空間変化率に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出するステップと、
を含む体脂肪測定方法。

19. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定するステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出するステップと、
を含む体脂肪測定方法。

20. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第 1 及び第 2 電流用電極間に電流を流し前記第 1 電流用電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第 1 及び第 2 電流用電極間の略中間の位置に配置した第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定すると共に、前記被測定体の外周上に前記被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した第 3 及び第 4 電流用電極間に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定するステップと、

前記第 1 電圧及び前記第 2 電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出するステップと、
を含む体脂肪測定方法。

2 1. 前記第 3 及び第 4 電流用電極を、前記第 1 又は第 2 電流用電極を配置した位置又はその近傍に配置した請求項 19 又は請求項 20 記載の体脂肪測定方法。

2 2. 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極の一方の電極の近傍に配置した第 1 測定用電極及び前記被測定体を挟んで前記二つの電流用電極と略対向する位置に配置した第 2 測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記第 1 及び第 2 測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された第 1 電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

2 3. 被測定体の外周上に被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する第 1 電圧を測定し、前記被測定体を略横断する方向に電流を流したときに発生する第 2 電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された第2電圧を用いて前記第1電圧を補正し、補正された第1電圧に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

24. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記空間変化率に基づき前記被測定体の脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

25. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極と、

二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記電圧に基づき、外周に前記電極を配置した断面又はその近傍の断面における前記被測定体の体脂肪の断面積と前記被測定体の断面積との比を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

26. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極のいずれか一つの電極近傍に配置した測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に配置した測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記電圧に基づき、外周に前記電極を配置した断面又はその近傍の断面における前記被測定体の体脂肪の断面積と前記被測定体の断面積との比を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

27. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した測定用電極と、

二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

28. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した二つの電流用電極と、

前記二つの電流用電極のいずれか一つの電極近傍に配置した測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記二つの電流用電極間の略中間の位置に配置した測定用電極と、

前記二つの電流用電極間に電流を流し、前記測定用電極間に発生する電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記電圧に、前記被測定体の大きさを反映する特性量のべき乗を乗じた値を用いて、前記被測定体の脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、
を備える体脂肪測定装置。

29. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第1及び第2電流用電極と、

前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向して配置した第3及び第4電流用電極と、

前記第1及び第2電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第1及び第2測定用電極と、

前記第1及び第2電流用電極間に電流を流し前記第1及び第2測定用電極間に発生する第1電圧を測定すると共に、前記第3及び第4電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第3及び第4電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記第1電圧及び前記空間変化率に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

30. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第1及び第2電流用電極と、

前記被測定体の外周上に前記被測定体を挟んで略対向

して配置した第3及び第4電流用電極と、

前記第1電流用電極の近傍に配置した第1測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第1及び第2電流用電極間の略中間の位置に配置した第2測定用電極と、

前記第1及び第2電流用電極間に電流を流し前記第1及び第2測定用電極間に発生する第1電圧を測定すると共に、前記第3及び第4電流用電極間に電流を流し前記被測定体の外周上で前記第3及び第4電流用電極間の略中間の位置に発生した電位の空間変化率を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記第1電圧及び前記空間変化率に基づき前記被測定体の皮下脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

3 1. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第1及び第2電流用電極と、

前記被測定体の外周上に前記被測定体の外周長に比べて十分に距離を短くして配置した第3及び第4電流用電極と、

前記第1及び第2電流用電極のそれぞれの電極近傍に一つずつ配置した第1及び第2測定用電極と、

前記第1及び第2電流用電極間に電流を流し前記第1及び第2測定用電極間に発生する第1電圧を測定すると共に、前記第3及び第4電流用電極間に電流を流したときに発生する第2電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記第1電圧及び前記第2電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。

32. 被測定体の外周上に被測定体を挟んで略対向して配置した第1及び第2電流用電極と、

前記被測定体の外周上に前記被測定体の外周長に比べ十分に距離を短くして配置した第3及び第4電流用電極と、

前記第1電流用電極の近傍に配置した第1測定用電極及び前記被測定体の外周上で前記第1及び第2電流用電極間の略中間の位置に配置した第2測定用電極と、

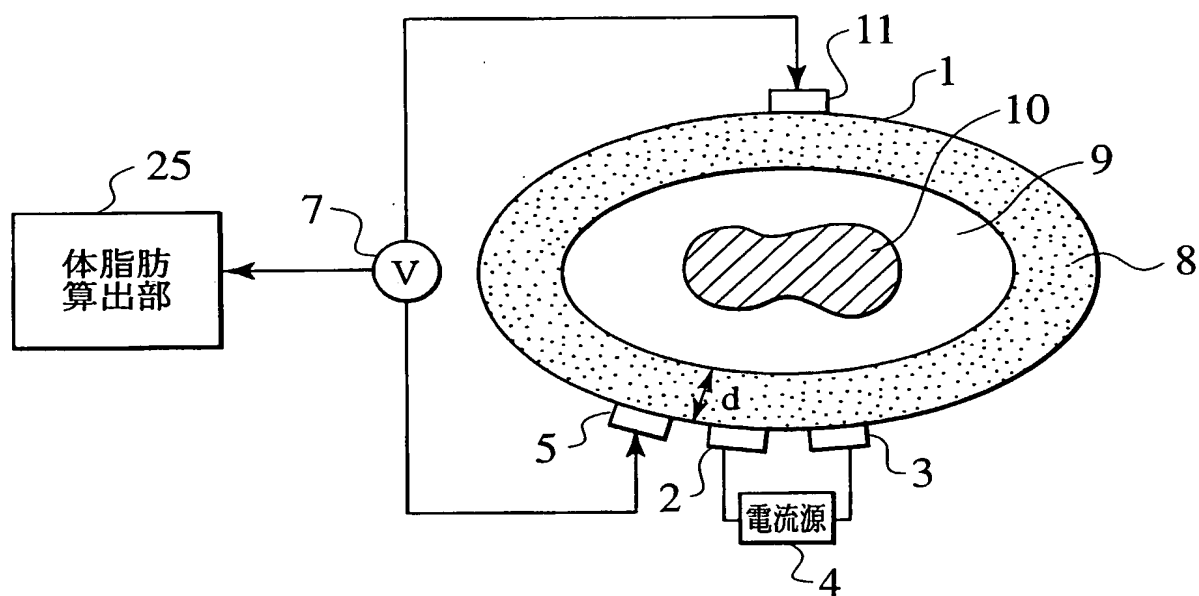
前記第1及び第2電流用電極間に電流を流し前記第1及び第2測定用電極間に発生する第1電圧を測定すると共に、前記第3及び第4電流用電極間に電流を流したときに発生する第2電圧を測定する測定手段と、

前記測定手段で測定された前記第1電圧及び前記第2電圧に基づき前記被測定体の内臓脂肪量を算出する体脂肪算出手段と、

を備える体脂肪測定装置。



図1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図2

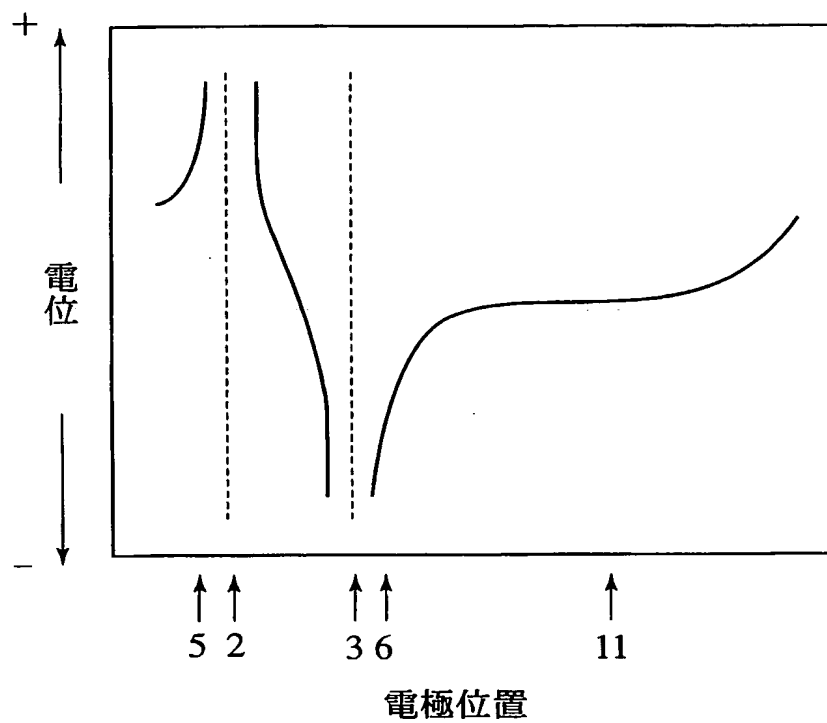
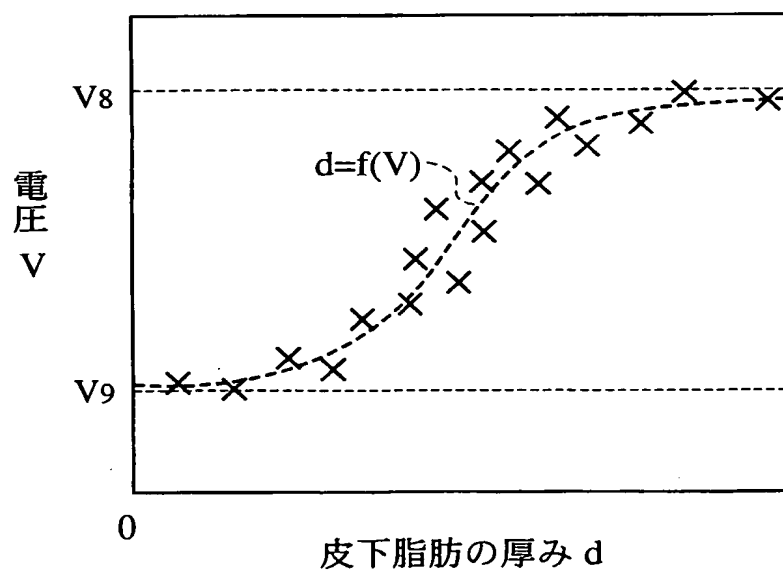
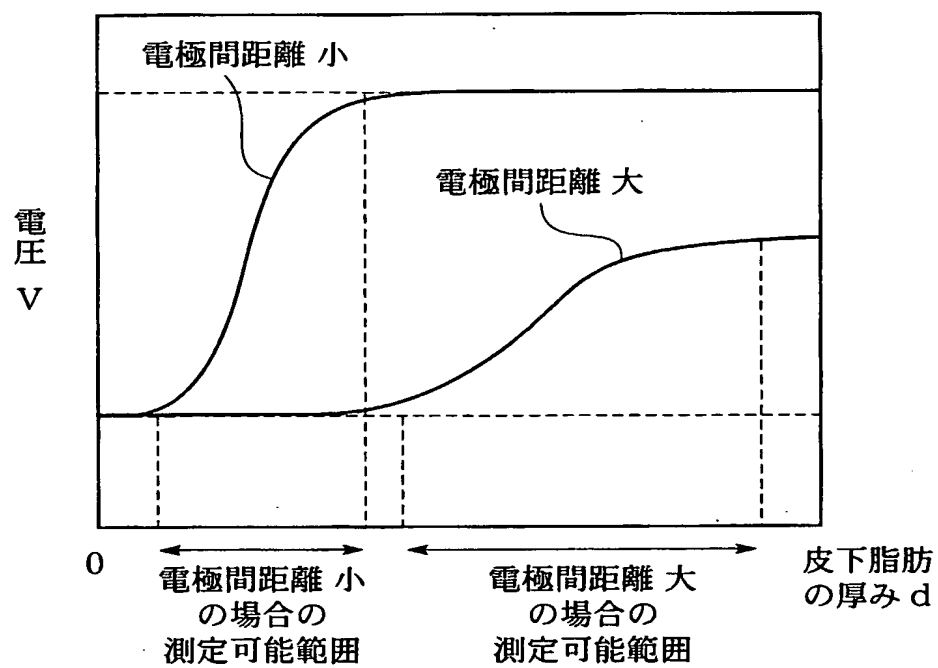


図3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図5

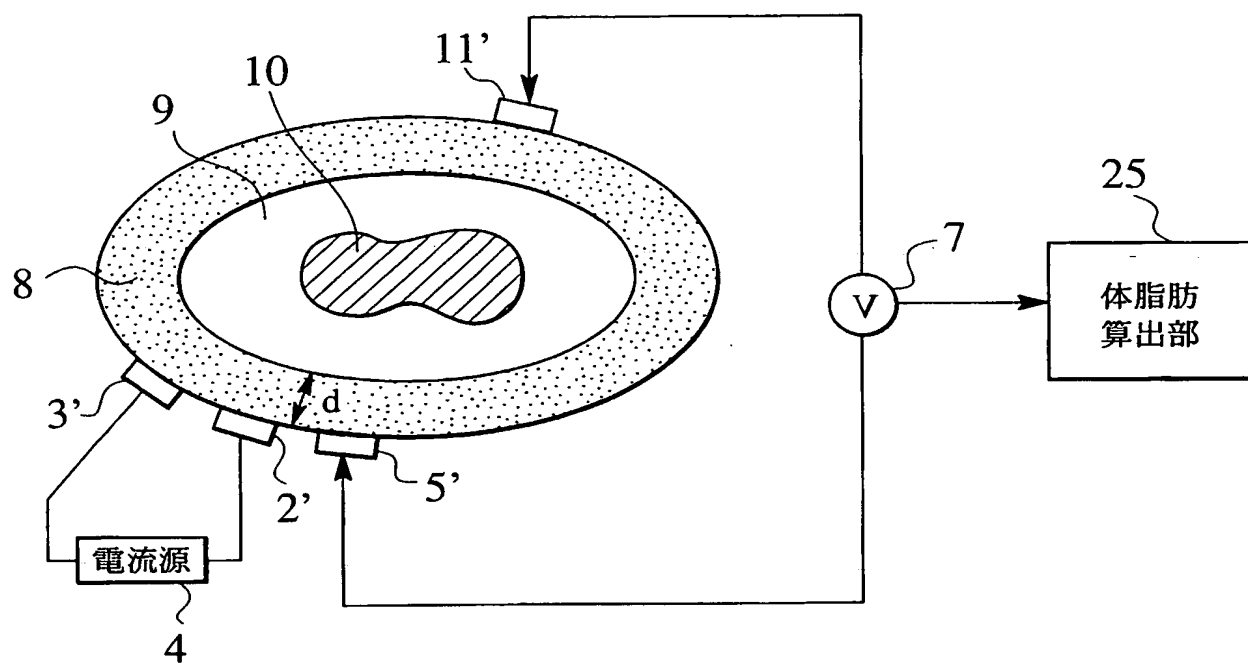
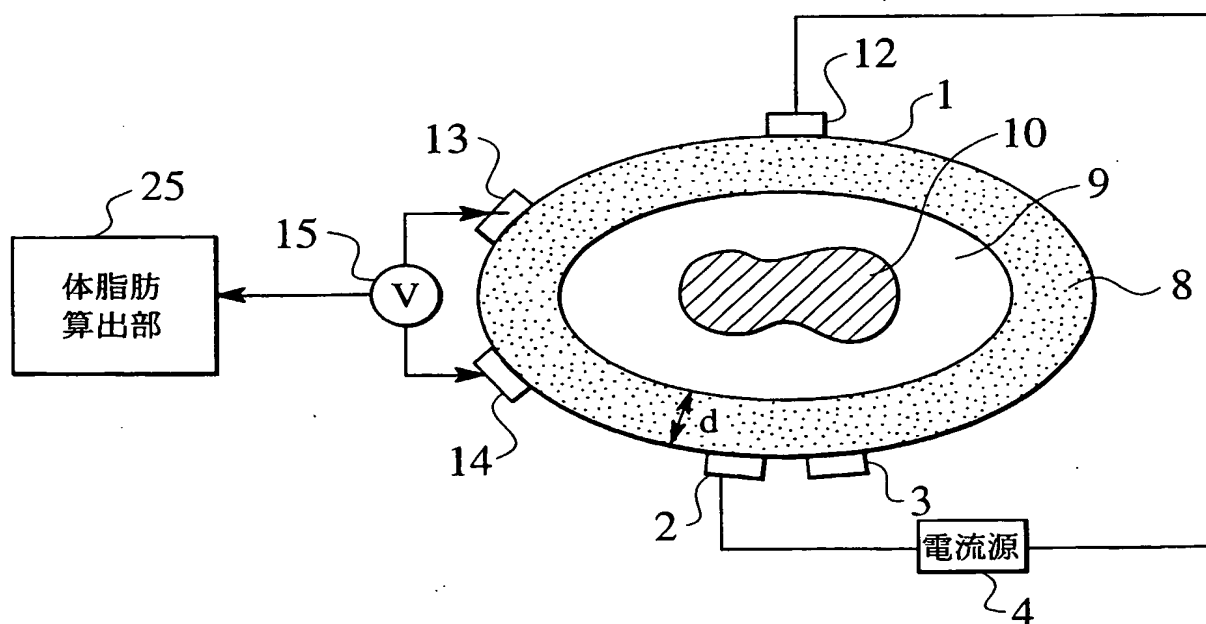


図6



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図7A

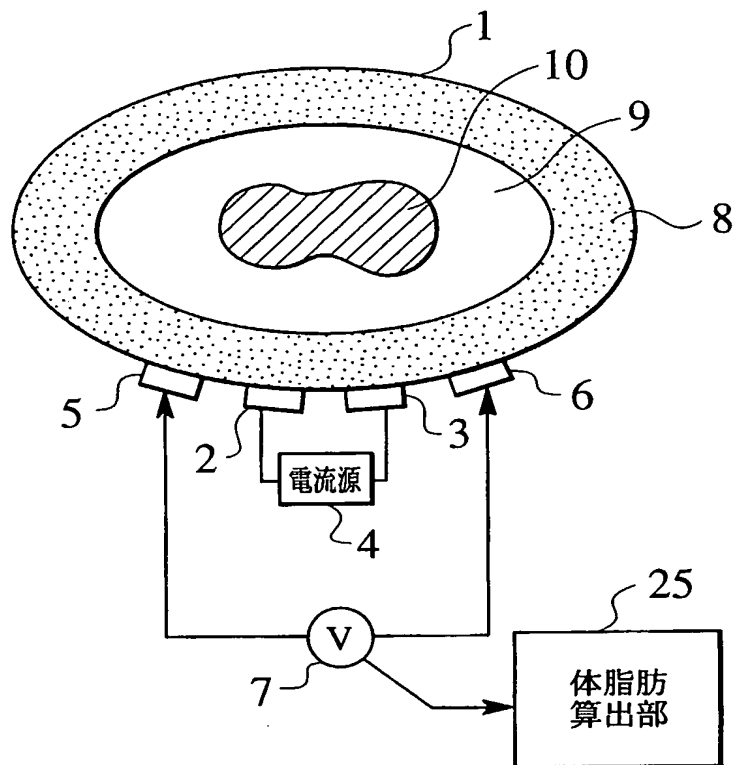
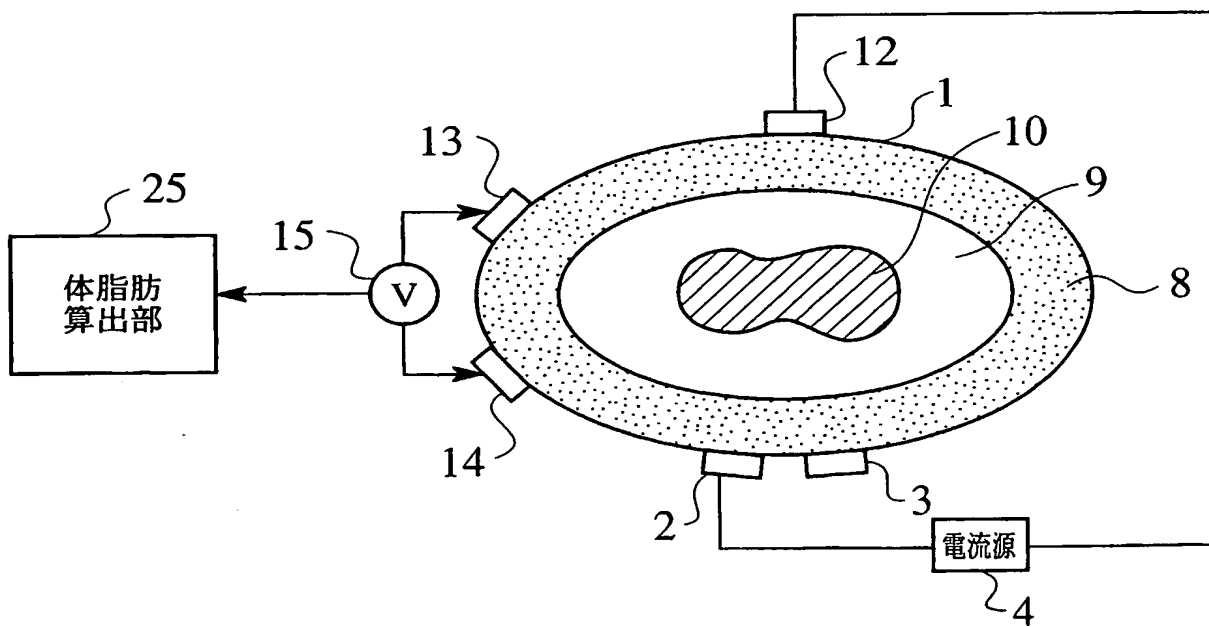
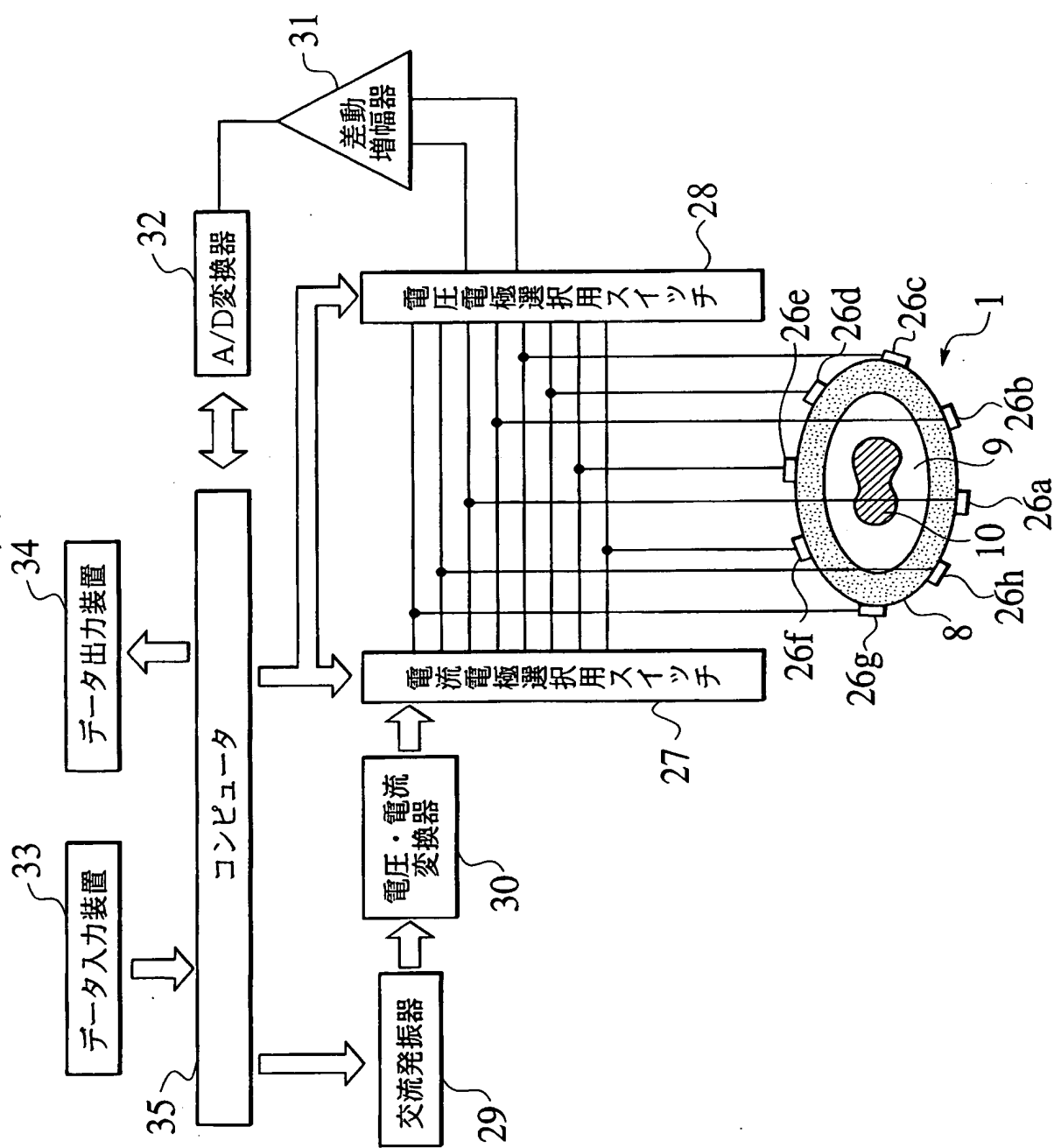


図7B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図8



THIS PAGE BLANK (USP)

図9

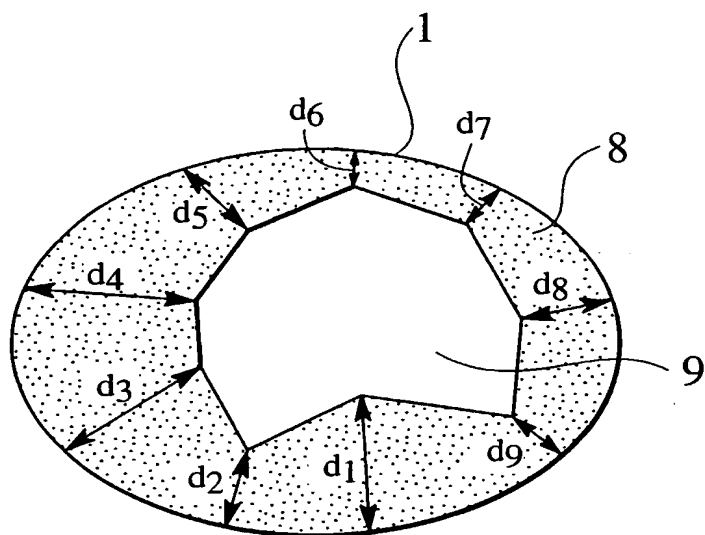
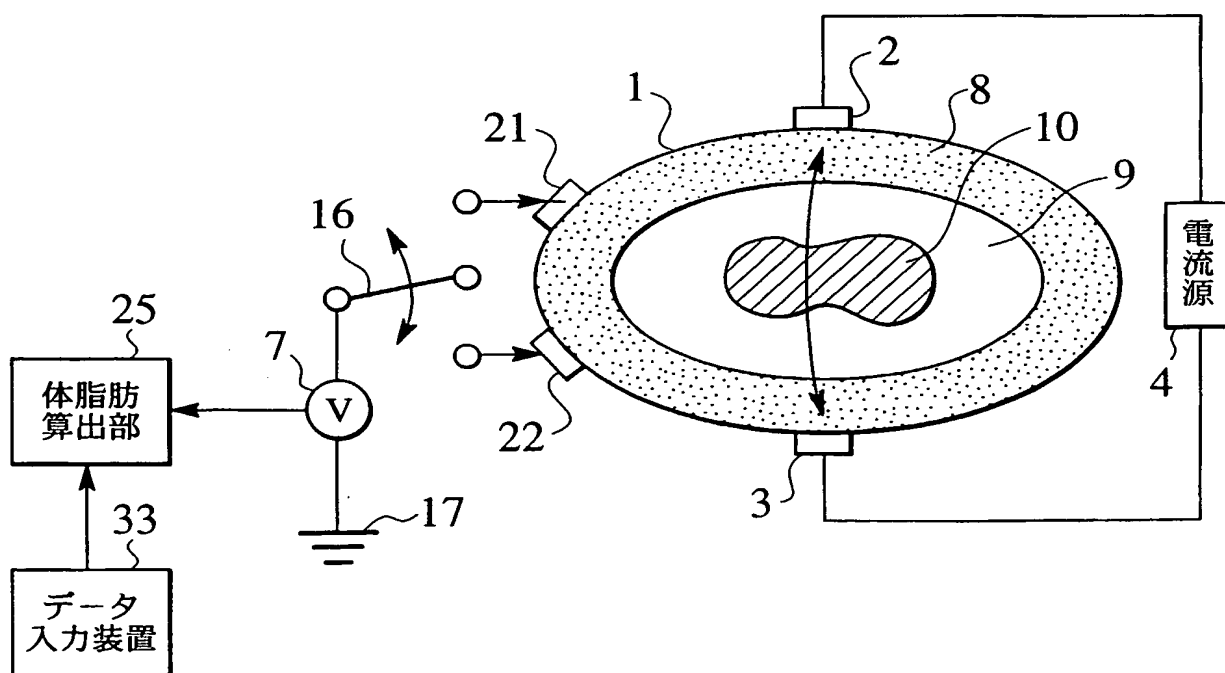


図10



THIS PAGE BLANK (U)

図11

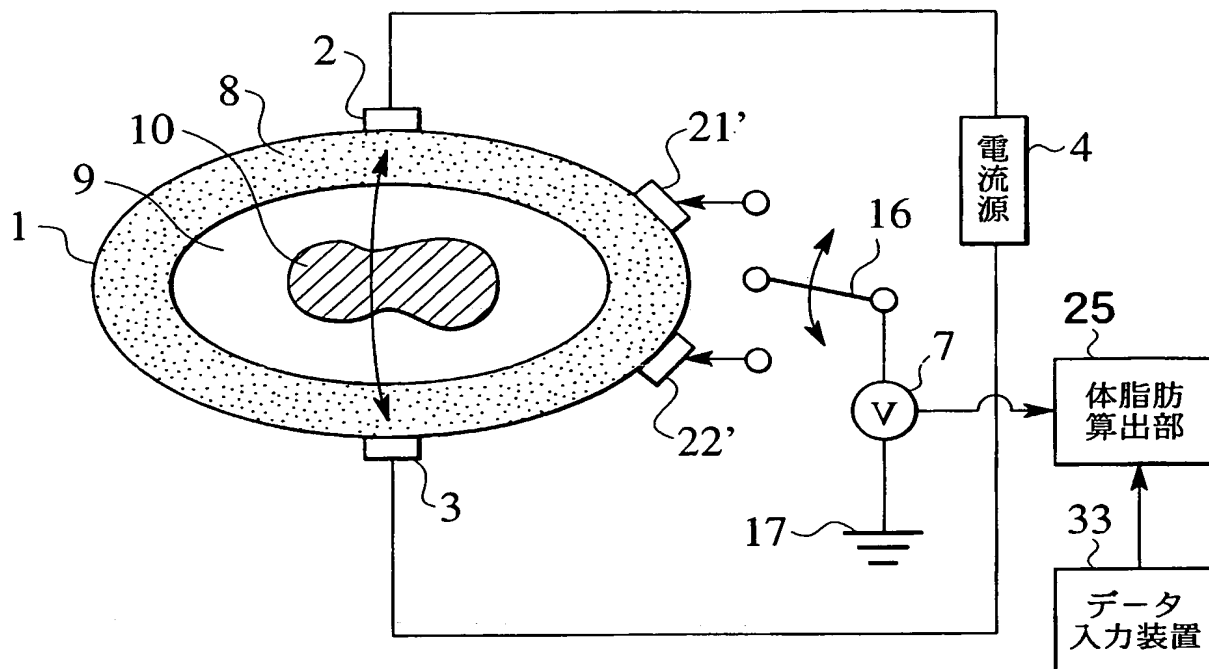
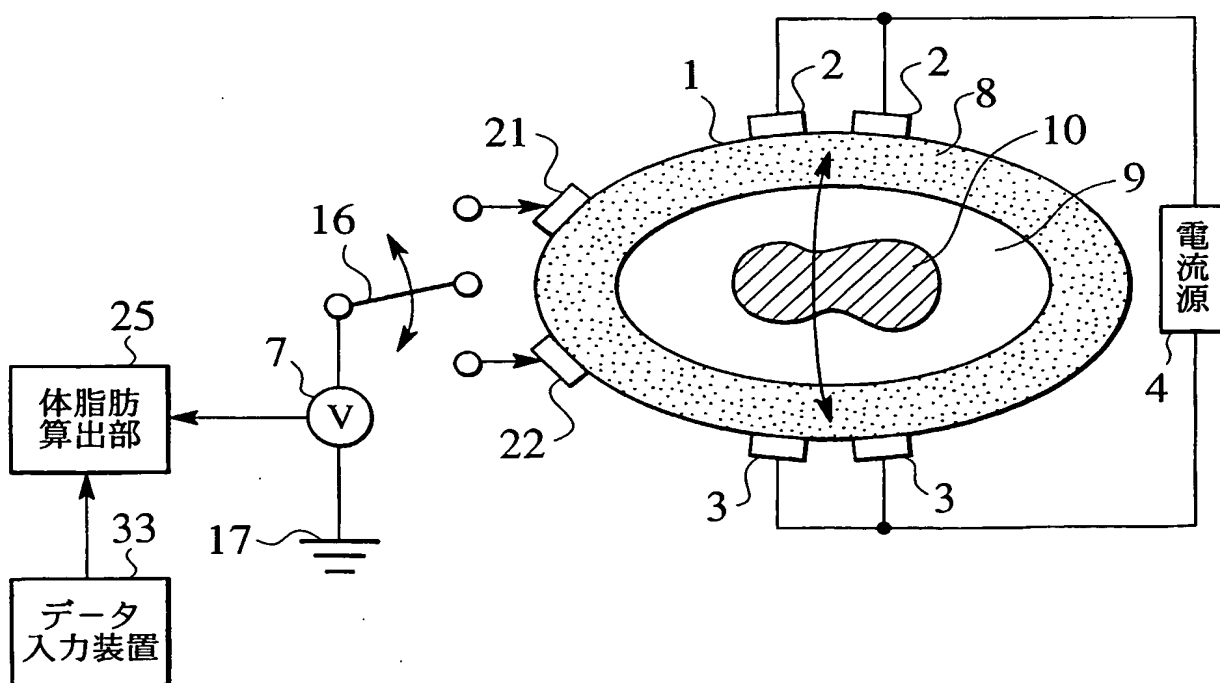


図12



THIS PAGE BLANK (000-1)

図13

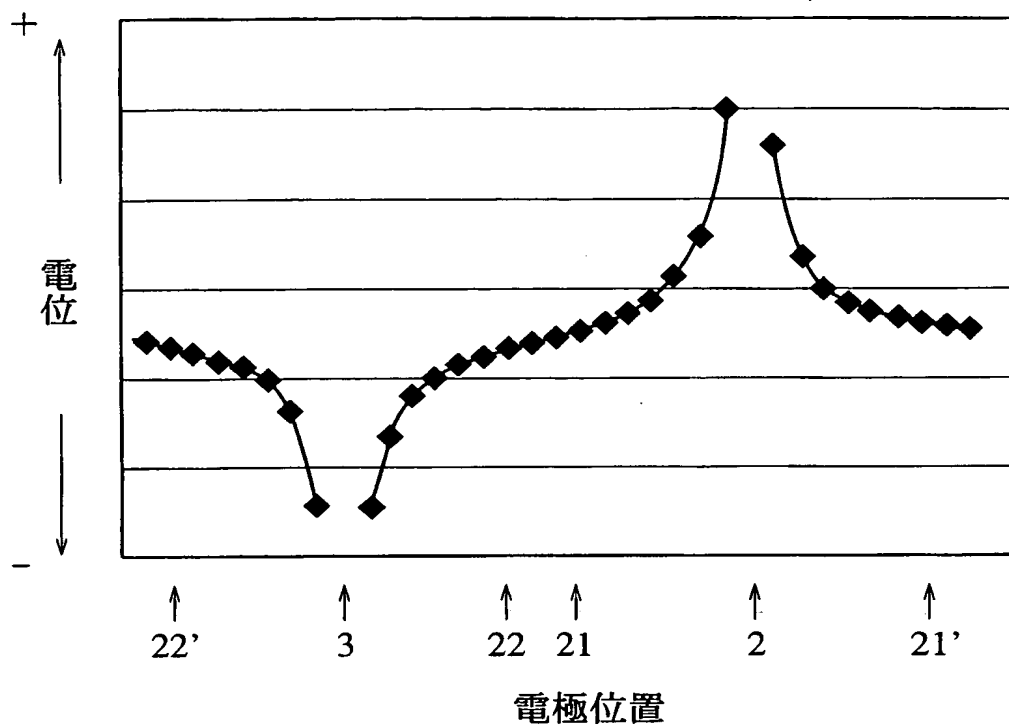
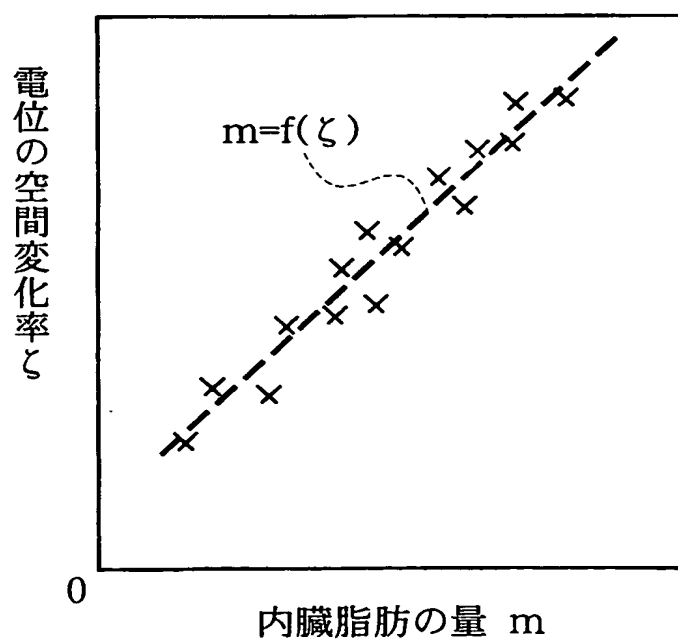


図14



THIS PAGE BLANK (US-77)

図15

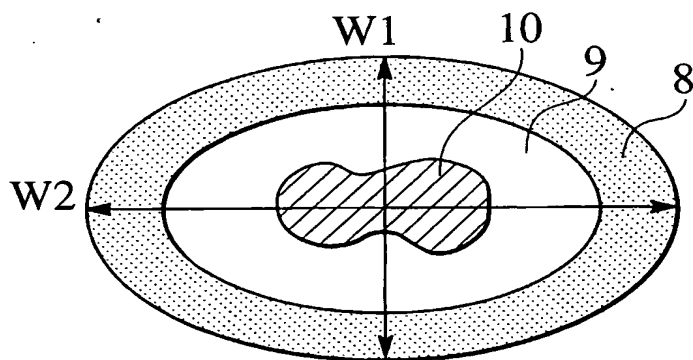
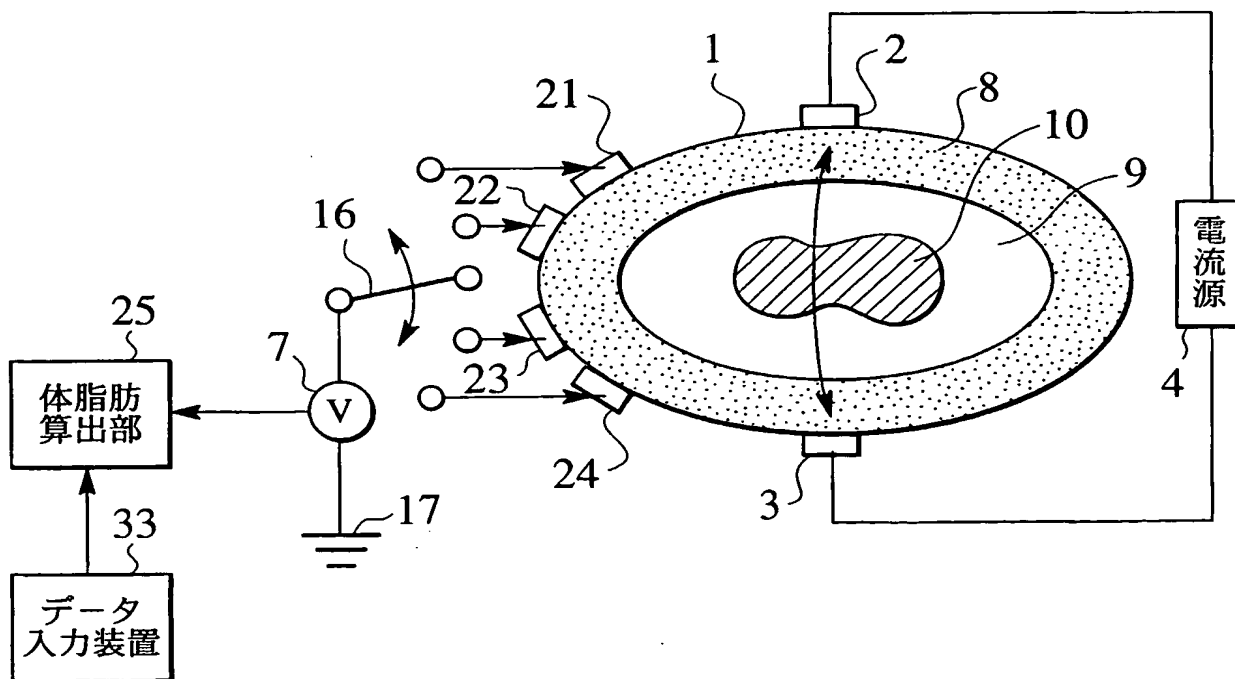


図16



THIS PAGE BLANK (USE)

図17

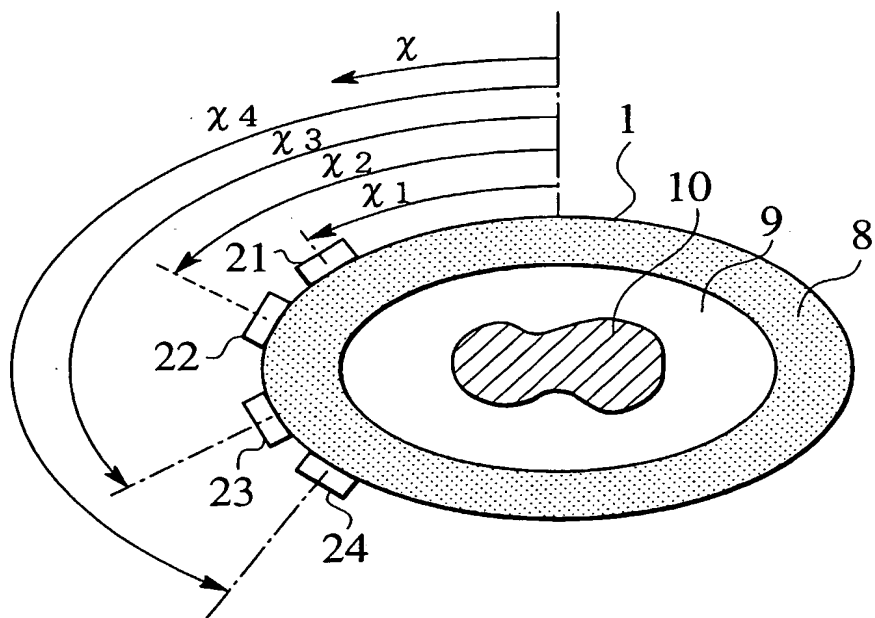
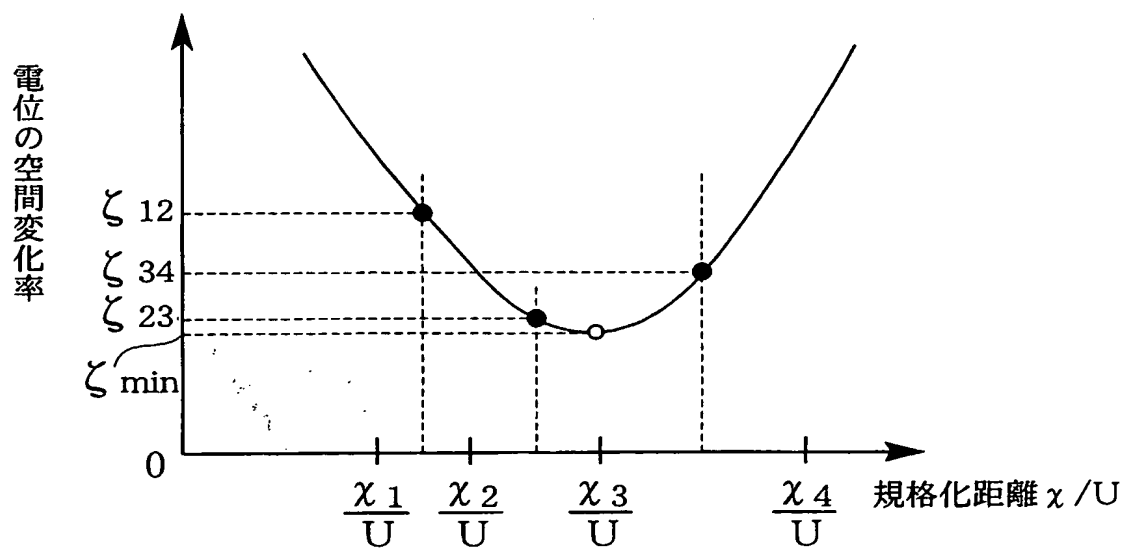


図18



THIS PAGE BLANK (USPT)

図19

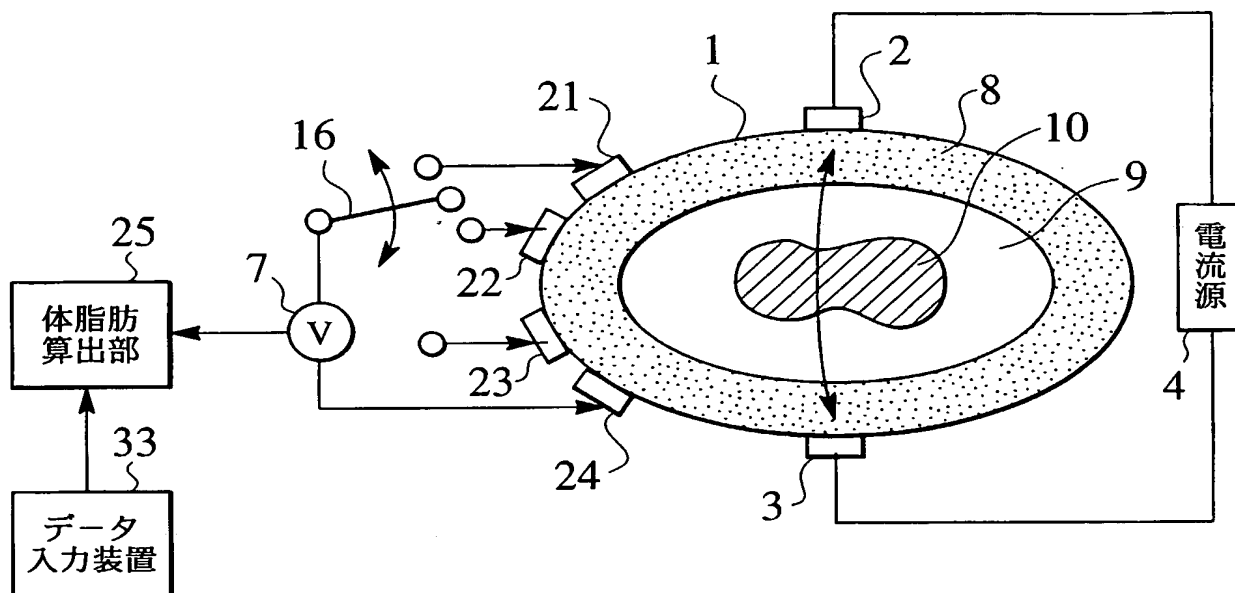
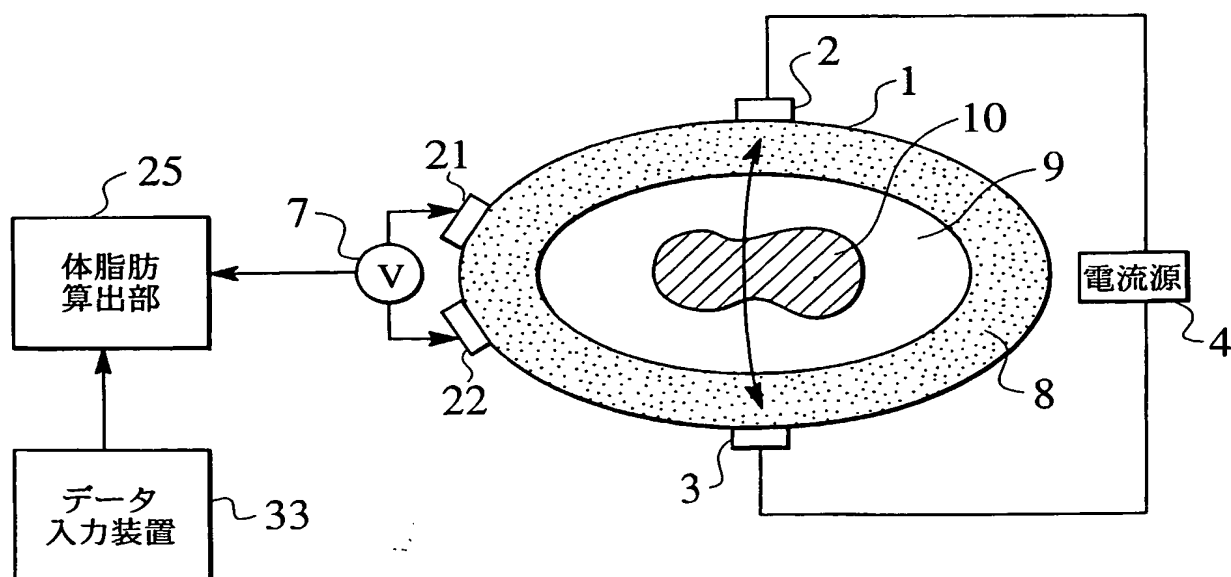


図20



THIS PAGE BLANK

図21A

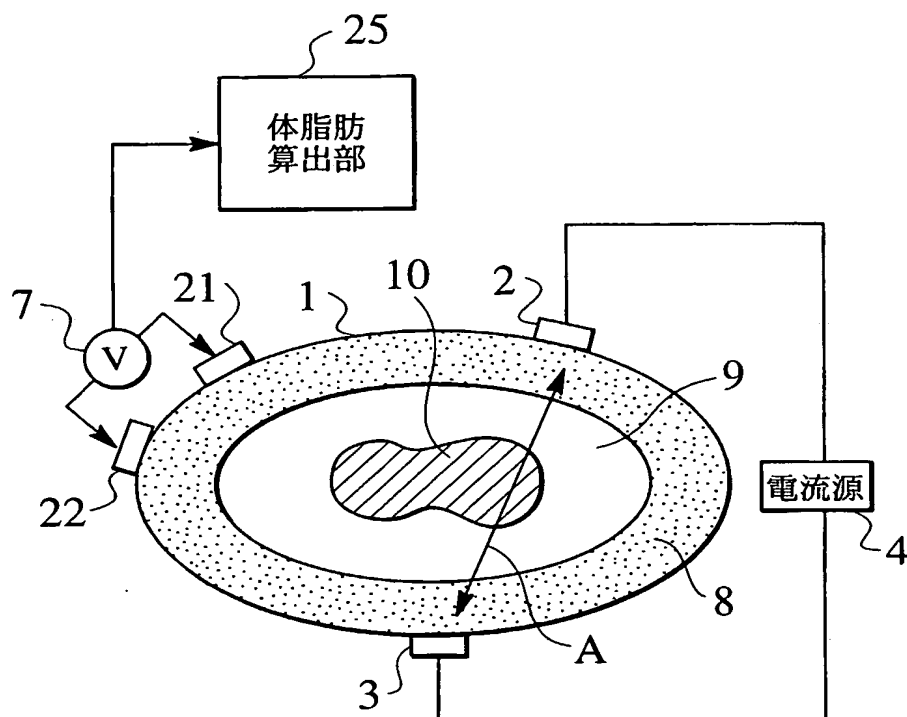
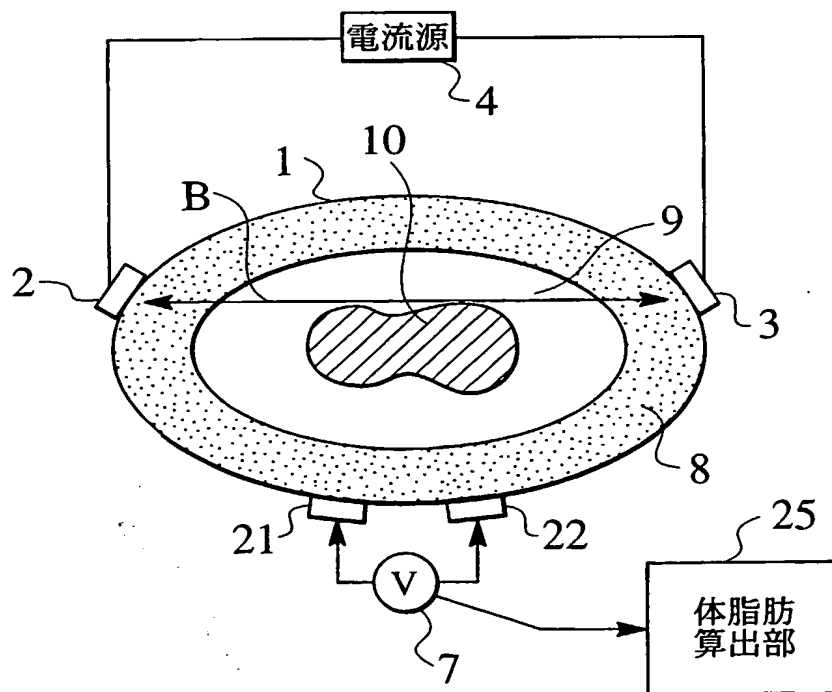


図21B



THIS PAGE BLANK (000)

図22A

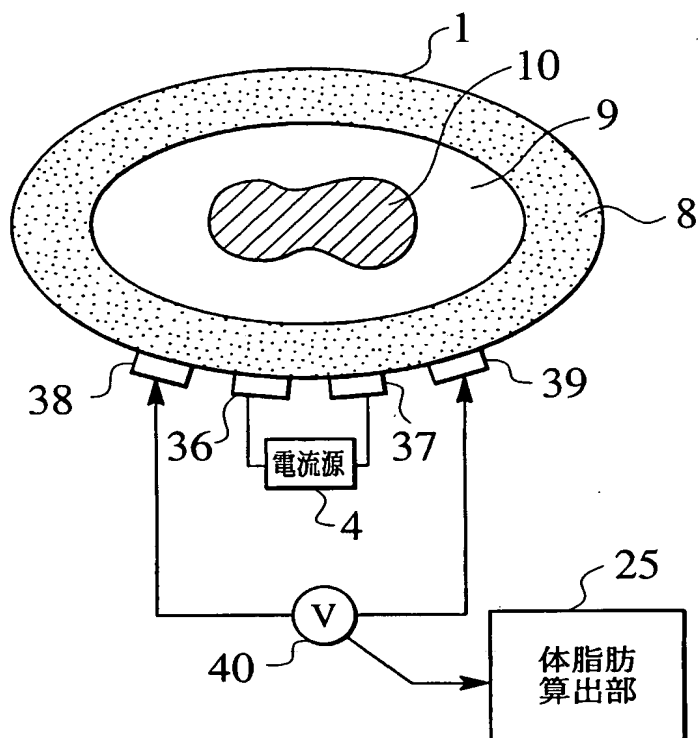
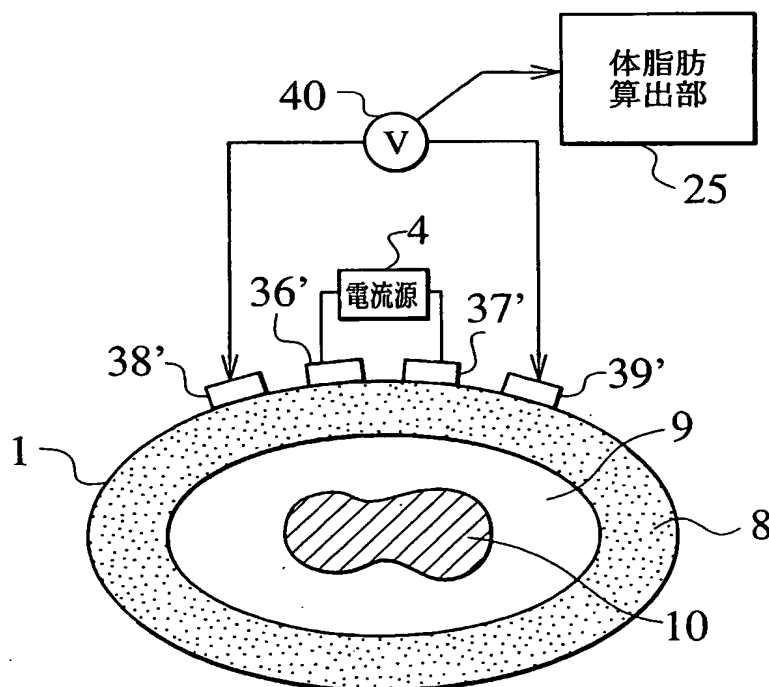


図22B



THIS PAGE BLANK (US)

図23A

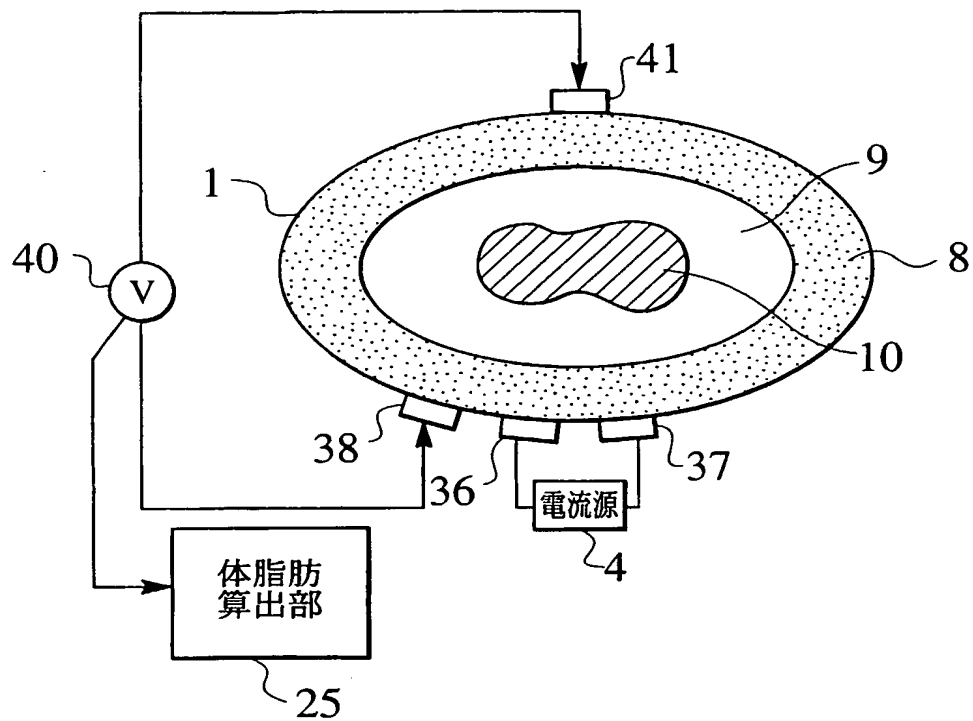
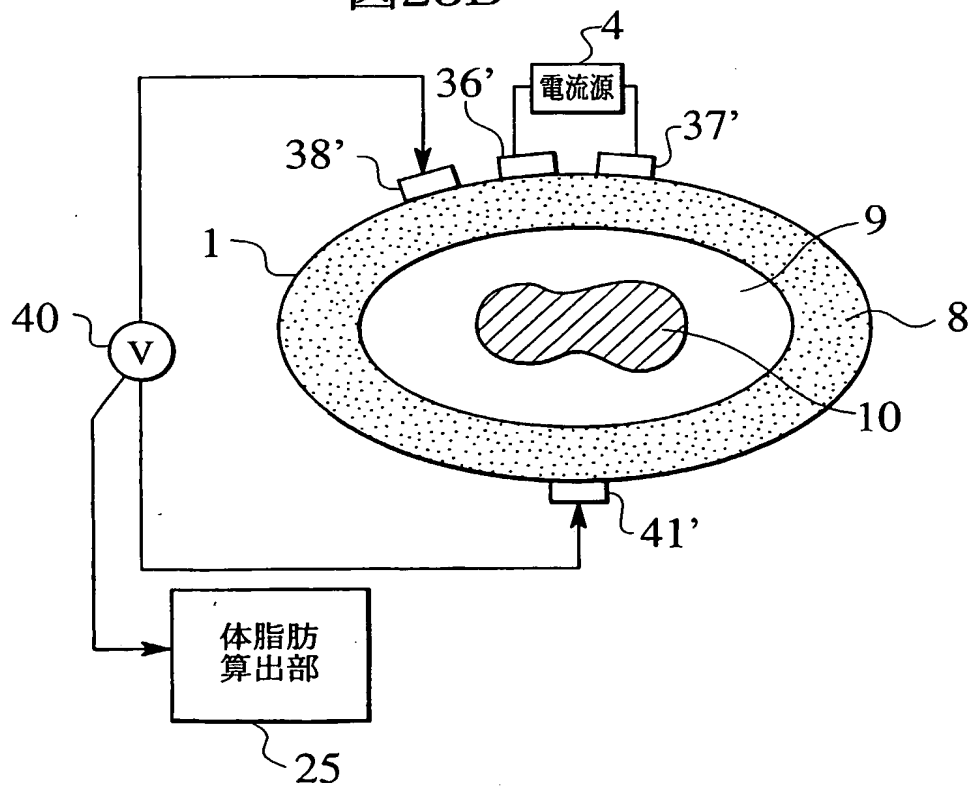


図23B



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図24

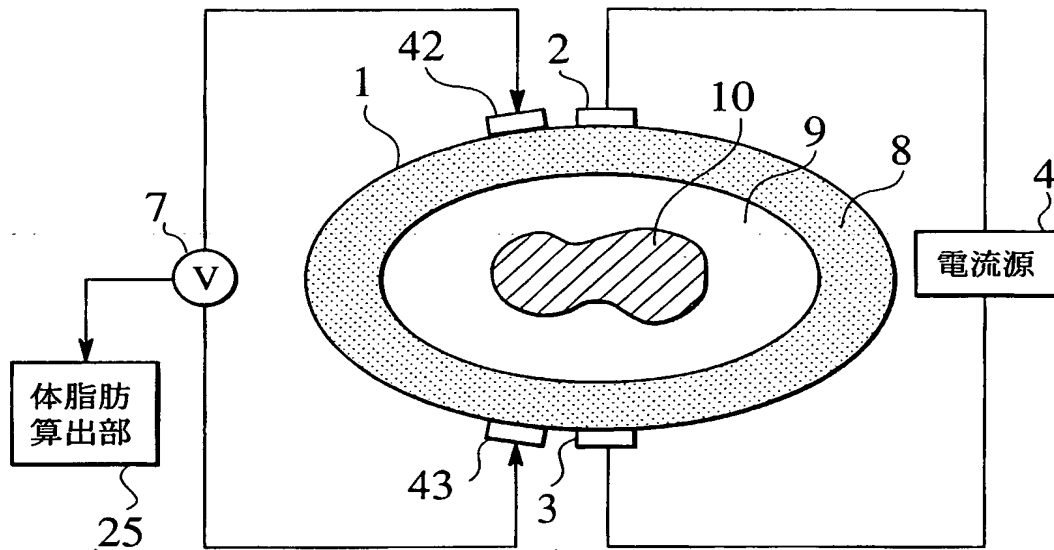
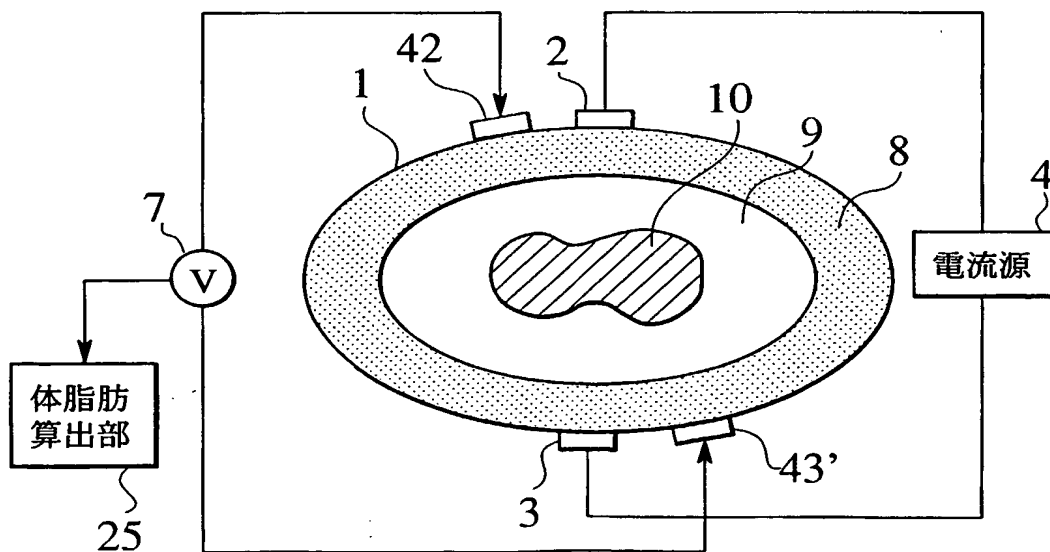


図25



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図26

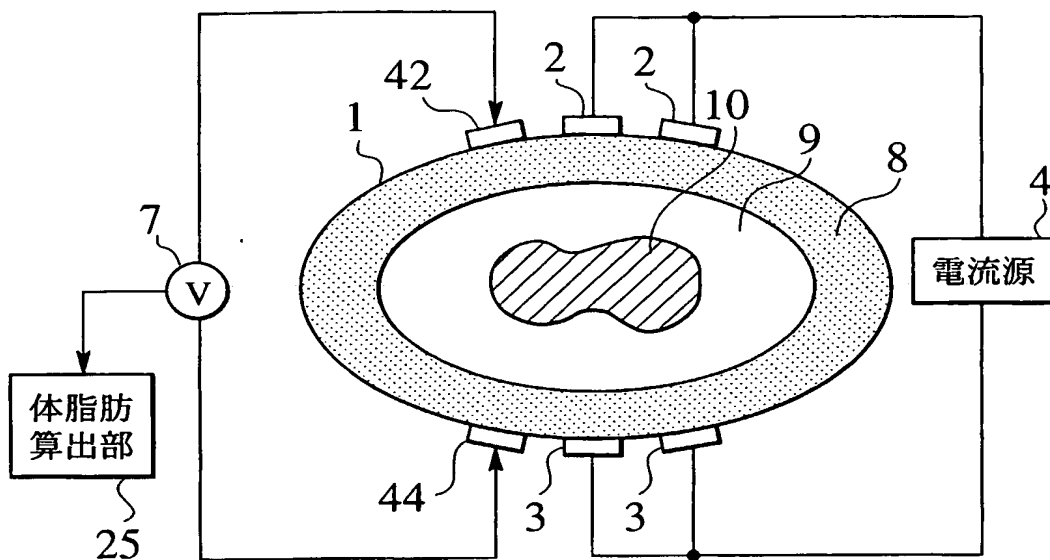
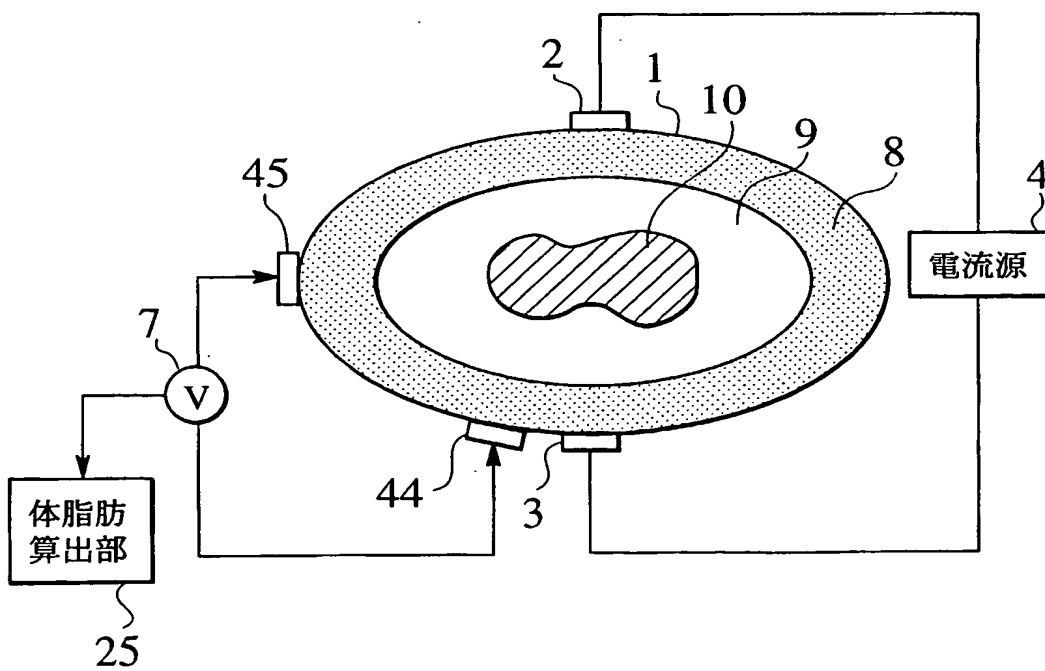
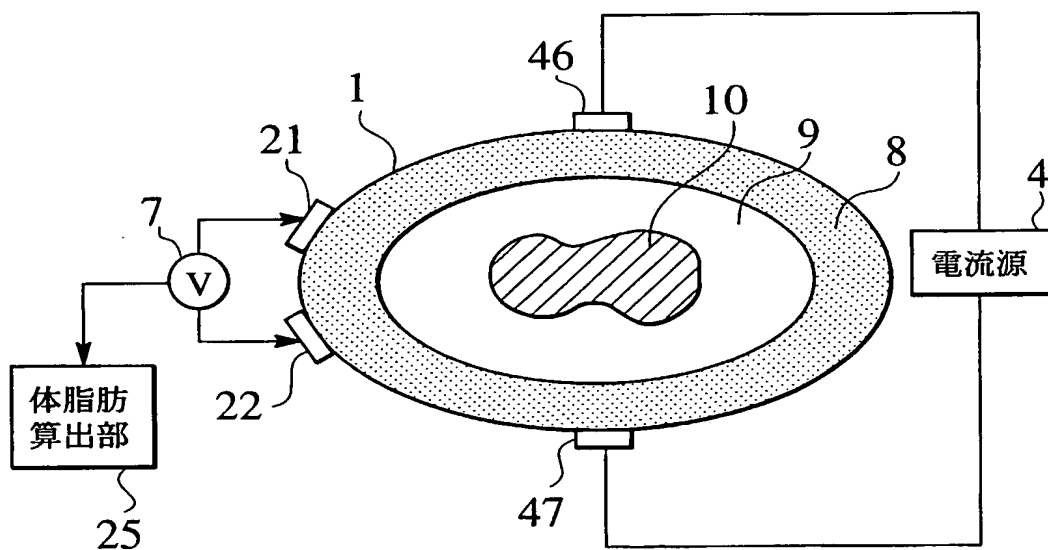


図27



THIS PAGE BLANK (USPTO)

図28



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ A61B5/05

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ A61B5/05

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 11-113870, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 27 April, 1999 (27.04.99) (Family: none)	1-32
A	JP, 11-123182, A (Yamato Scale Co., Ltd.), 11 May, 1999 (11.05.99) (Family: none)	1-32
P, A	JP, 11-309123, A (OMRON CORPORATION), 09 November, 1999 (09.11.99) (Family: none)	1-32

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
 08 December, 2000 (08.12.00)

Date of mailing of the international search report
 19 December, 2000 (19.12.00)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B5/05

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B5/05

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2000年
 日本国登録実用新案公報 1994-2000年
 日本国実用新案登録公報 1996-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP, 11-113870, A (松下電器産業株式会社) 27. 4月. 1999 (27. 04. 99) (ファミリーなし)	1-32
A	JP, 11-123182, A (大和製衡株式会社) 11. 5月. 1999 (11. 05. 99) (ファミリーなし)	1-32
P, A	JP, 11-309123, A (オムロン株式会社) 9. 11月. 1999 (09. 11. 99) (ファミリーなし)	1-32

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 12. 00

国際調査報告の発送日

19.12.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

中根 利明



2W

9021

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

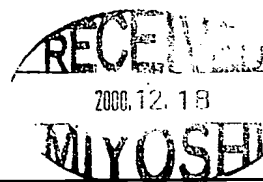
NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

MIYOSHI, Hidekazu
9th Floor, Toranomom Daiichi
Building
2-3, Toranomom 1-chome
Minato-ku, Tokyo 105-0001
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 04 December 2000 (04.12.00)	
Applicant's or agent's file reference JKAO-1-PCT	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP00/06949	International filing date (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 15 October 1999 (15.10.99)
Applicant KAO CORPORATION et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, **the attention of the applicant is directed** to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, **the attention of the applicant is directed** to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
15 Octo 1999 (15.10.99)	11/294431	JP	28 Nove 2000 (28.11.00)
07 Janu 2000 (07.01.00)	2000/1917	JP	28 Nove 2000 (28.11.00)
07 Janu 2000 (07.01.00)	2000/1921	JP	28 Nove 2000 (28.11.00)

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer Marc Salzman Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT COOPERATION TREATY

From the INTERNATIONAL BUREAU

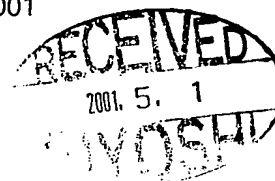
PCT

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

To:

MIYOSHI, Hidekazu
9th Floor, Toranomom Daiichi
Building
2-3, Toranomom 1-chome
Minato-ku, Tokyo 105-0001
JAPON



Date of mailing (day/month/year) 19 April 2001 (19.04.01)		
Applicant's or agent's file reference JKAO-1-PCT		IMPORTANT NOTICE
International application No. PCT/JP00/06949	International filing date (day/month/year) 05 October 2000 (05.10.00)	Priority date (day/month/year) 15 October 1999 (15.10.99)
Applicant KAO CORPORATION et al		

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:
KR,US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:
CN,EP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on
19 April 2001 (19.04.01) under No. WO 01/26546

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a **demand for international preliminary examination** must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the **national phase**, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP00/06949

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ A61B5/05

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ A61B5/05

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2000
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2000	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP, 11-113870, A (Matsushita Electric Ind. Co., Ltd.), 27 April, 1999 (27.04.99) (Family: none)	1-32
A	JP, 11-123182, A (Yamato Scale Co., Ltd.), 11 May, 1999 (11.05.99) (Family: none)	1-32
P, A	JP, 11-309123, A (OMRON CORPORATION), 09 November, 1999 (09.11.99) (Family: none)	1-32

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 December, 2000 (08.12.00)

Date of mailing of the international search report
19 December, 2000 (19.12.00)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)